



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Comportamiento de un concreto $f_c=175 \text{ Kg/cm}^2$ a la resistencia a compresión, sustituyendo parcialmente ceniza de eucalipto por cemento Huaraz 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Yánac Cáceres, Jesús Paúl (ORCID: 0000-0003-0191-646X)

ASESORA:

Mg. Poma González, Carla Griselle (ORCID: 0000-0001-5486-7302)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño Sísmico y Estructural

Huaraz – Perú

2021

Dedicatoria

A mis padres Pedro y Dionisia, a mis hermanos, por todo el apoyo moral en tiempos difíciles, por la confianza, y por el empuje a siempre conseguir las metas trazadas, dedicado también a los que empezamos a estudiar ya siendo algo mayores, sí se puede. A mi amigo el ingeniero Víctor Garcés Díaz que nos enseñó que el camino al éxito es el Conocimiento más la Humanidad.

Jesús Paúl Yánac Cáceres

Agradecimiento

A cada una de las personas que nos apoyaron desde el primer día de clases en las aulas, a los amigos, colegas, docentes que siempre estuvieron ahí dando todo de sí; a la Universidad Cesar Vallejo por permitirme completar este anhelado sueño, el de llegar ser ingeniero civil.

Jesús Paúl Yánac Cáceres

Índice de contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras e imágenes.....	vii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1 Tipo y diseño de investigación	14
3.2 Variables y operacionalización	15
3.3 Población, muestra y muestreo	17
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
3.5 Procedimientos.....	19
3.6 Método de análisis de datos.....	31
3.7 Aspectos éticos	32
IV. RESULTADOS	33
V. DISCUSIÓN	65
VI. CONCLUSIONES.....	70
VII. RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS	73
ANEXOS	79

Índice de tablas

Tabla 1. Muestras de probetas de concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ para los ensayos a compresión.....	18
Tabla 2. Etapas de los procedimientos de recolección de datos.....	20
Tabla 3. Ubicación de cantera.....	21
Tabla 4. Contenido de humedad agregado fino	33
Tabla 5. Contenido de humedad agregado grueso	33
Tabla 6. Ensayo de gravedad específica y absorción del agregado fino.....	34
Tabla 7. Ensayo de gravedad específica y absorción del agregado grueso.....	35
Tabla 8. Resultado promedio de gravedad específica y absorción del agregado grueso	36
Tabla 9. Peso unitario suelto del agregado fino	36
Tabla 10. Peso unitario compactado del agregado fino	37
Tabla 11. Peso unitario del agregado grueso.....	37
Tabla 12. Peso unitario compactado del agregado grueso	38
Tabla 13. Granulometría del agregado grueso	38
Tabla 14. Granulometría del agregado fino	39
Tabla 15. Composición química de las cenizas de eucalipto método rayos X	40
Tabla 16. Resistencia promedio requerida	41
Tabla 17. Relación Agua / Cemento.....	42
Tabla 18. Volumen unitario de agua (VUA)	42
Tabla 19. Volumen de agregado grueso (VAG) compactado en seco por metro cúbico de concreto	42
Tabla 20. Proporción a/c en seco.....	47
Tabla 21. Peso de la probeta + 20% de desperdicio	48
Tabla 22. Peso de material para 9 probetas patrón	48
Tabla 23. Peso de material para 9 probetas con sustitución de ceniza al 2%.....	48

Tabla 24. Peso de material para 9 probetas con sustitución de ceniza al 3%.....	49
Tabla 25. Peso de material para 9 probetas con sustitución de ceniza al 5%.....	49
Tabla 26. Peso total de material en 36 probetas: 9 patrones + 27 con sustitución	49
Tabla 27. Resistencia a compresión para concreto patrón 7 días.....	50
Tabla 28. Resistencia a compresión con sustitución al 2% a 7 días	51
Tabla 29. Resistencia a compresión con sustitución al 3% a 7 días	51
Tabla 30. Resistencia a compresión con sustitución al 5% a 7 días	52
Tabla 31. Resistencia a compresión para concreto patrón 14 días	53
Tabla 32. Resistencia a compresión con sustitución al 2% a 14 días	54
Tabla 33. Resistencia a compresión con sustitución al 3% a 14 días	54
Tabla 34. Resistencia a compresión con sustitución al 5% a 14 días	55
Tabla 35. Resistencia a compresión para concreto patrón 28 días.....	56
Tabla 36. Resistencia a compresión con sustitución al 2% a 28 días	57
Tabla 37. Resistencia a compresión con sustitución al 3% a 28 días	57
Tabla 38. Resistencia a compresión con sustitución al 5% a 28 días	58
Tabla 39. Resistencias finales del concreto patrón	59
Tabla 40. Resistencias finales con sustitución de ceniza al 2%.....	60
Tabla 41. Resistencias finales con sustitución de ceniza al 3%	60
Tabla 42. Resistencias finales con sustitución de ceniza al 5%	61
Tabla 43. Cuadro comparativo de resistencia vs curado.....	62
Tabla 44. Cuadro comparativo porcentual.....	62
Tabla 45. Consolidado de los resultados de la resistencia a compresión	63
Tabla 46. Análisis de Varianza ANOVA de una sola vía (ONEWAY)	64
Tabla 47. Prueba Post Hoc comparaciones múltiples de concretos patrón sustituciones.....	64
Tabla 48: Matriz de Operacionalización de variables	79
Tabla 49: Matriz de consistencia	80

Índice de figuras e imágenes

Figura 1. Ideograma de investigación	15
Figura 2. Picnómetro	22
Figura 3. Molde cónico	23
Figura 4. Saturado de material	24
Figura 5. Bomba de vacíos.....	24
Figura 6. Pesaje de muestra saturada.....	25
Figura 7. Peso Específico – Balanza.....	26
Figura 8. Peso Específico – Muestra sumergida	26
Figura 9. Curva granulométrica de agregado grueso	39
Figura 10. Curva granulométrica del agregado grueso	40
Figura 11. Curva de resultados del concreto patrón a los 7 días	50
Figura 12. Curva de resultados del concreto con 2% a los 7 días.....	51
Figura 13. Curva de resultados del concreto con 3% a los 7 días.....	52
Figura 14. Curva de resultados del concreto con 5% a los 7 días.....	52
Figura 15. Curva de resultados del concreto patrón a los 14 días	53
Figura 16. Curva de resultados del concreto con 2% a los 14 días.....	54
Figura 17. Curva de resultados del concreto con 3% a los 14 días.....	55
Figura 18. Curva de resultados del concreto con 5% a los 14 días.....	55
Figura 19. Curva de resultados del concreto patrón a los 28 días	56
Figura 20. Curva de resultados del concreto con 2% a los 28 días.....	57
Figura 21. Curva de resultados del concreto con 3% a los 28 días.....	58
Figura 22. Curva de resultados del concreto con 5% a los 28 días.....	58
Figura 23. Curva de comportamiento del concreto patrón a los 7, 14 y 28 días...	59
Figura 24. Curva de comportamiento del concreto con 2% a los 7, 14 y 28 días.	60

Figura 25. Curva de comportamiento del concreto con 3% a los 7, 14 y 28 días .	61
Figura 26. Curva de comportamiento del concreto con 5% a los 7, 14 y 28 días .	61
Figura 27. Curva comparativa de los concretos a los 7, 14 y 28 días	62
Imagen 1: Recolección de desperdicios de tala de eucalipto	91
Imagen 2: Recolección de desperdicios de tala de eucalipto, sector Chequió	91
Imagen 3: Quemado para obtención de ceniza de eucalipto.....	92
Imagen 4: Separación del carbón para obtener solo ceniza.....	92
Imagen 5: Ceniza tamizada por la malla N°40	93
Imagen 6: Ceniza tamizada por la malla N° 60	93
Imagen 7: Ceniza tamizada por la malla N° 100	94
Imagen 8: Ceniza tamizada por la malla N° 200, producto final	94
Imagen 9: Muestras separadas por baldes con las cantidades necesarias para la elaboración del concreto	95
Imagen 10: Elaboración del concreto patrón	95
Imagen 11: Chequeo del Slump de 3.7”	96
Imagen 12: Manejo del trompo mezclador con las sustituciones de ceniza por cemento.....	96
Imagen 13: 36 unidades de probetas elaboradas, 9 patrón, 9 con 2% de sustitución, 9 con 3% de sustitución y 9 con 5% de sustitución	97
Imagen 14: Curado del concreto patrón y con sustitución de ceniza por cemento	97
Imagen 15: Rotura de un concreto sustituido con 2% de ceniza a los 28 días.....	98
Imagen 16: Rotura de un concreto sustituido con 3% de ceniza a los 28 días.....	98
Imagen 17: Rotura de un concreto sustituido con 5% de ceniza a los 28 días.....	99
Imagen 18: Prueba de ensayo de resistencia a compresión del concreto.....	99
Imagen 19: Probetas ensayadas bajo la resistencia a compresión.....	100

Resumen

La presente investigación, tiene como objetivo principal determinar la resistencia a compresión de un concreto $f'_c = 175\text{kg/cm}^2$ cuando se sustituye el cemento por las cenizas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) a un 2%, 3% y 5%, donde se realiza desde un enfoque cuantitativo, es además una investigación del tipo aplicada con un diseño cuasiexperimental, donde se define como variable independiente a la ceniza de eucalipto y la variable dependiente a la resistencia a compresión del concreto; con criterios de inclusión se tiene una población y muestra de 36 probetas, dividida en 9 probetas de concreto patrón y 9 probetas de concreto con sustitución de ceniza al 2%, 3% y 5%, sometidas a ensayos de compresión a 7, 14 y 28 días según la NTP 339.033 y la ASTM C31.

Obtenidos los resultados de compresión a los 28 días se concluye que la sustitución al 2% no se asemeja al concreto patrón, la de 3% tiene una variación negativa del f_c/f'_c en 15.49% respecto al patrón, pero la sustitución de 5% supera levemente en 0.32% del f_c/f'_c al concreto patrón, esto nos indica que, aunque por muy poco la sustitución de ceniza favorece en la resistencia a compresión de un concreto.

Palabras clave: Ceniza de eucalipto, concreto, resistencia a compresión.

Abstract

The main objective of this research is to determine the compressive strength of a concrete $f'_c = 175 \text{ kg / cm}^2$ when cement is substituted for eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) ashes at 2%, 3% and 5%, where it is carried out from a quantitative approach, it is also an applied research with a quasi-experimental design, where eucalyptus ash is defined as an independent variable and the dependent variable is the compressive strength of concrete; With inclusion criteria, there is a population and sample of 36 specimens, divided into 9 specimen concrete specimens and 9 concrete specimens with 2%, 3% and 5% ash substitution, subjected to compression tests at 7, 14 and 28 days according to NTP 339.033 and ASTM C31.

Obtaining the compression results at 28 days, it is concluded that the 2% substitution does not resemble the concrete standard, the 3% substitution has a negative variation of the f_c / f'_c in 15.49% with respect to the standard, but the substitution of 5 % slightly exceeds by 0.32% of the f_c / f'_c to the standard concrete, this indicates that, although by very little the ash substitution favors the compressive strength of a concrete.

Keywords: Eucalyptus ash, concrete, compressive strength.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años de este joven siglo XXI los estudios referentes a la tecnología del concreto ha ido teniendo grandes innovaciones, sobre todo por el uso de nuevos materiales o aditivos artificiales producidos a través de los naturales que están en cierta medida desapareciendo, innovaciones que pretenden hacer durar un poco más nuestra existencia en esta tierra, tratando de aprovechar cada recurso que la naturaleza nos brinda, pues bien, para lograr innovaciones tecnológicas en la construcción partimos de las necesidades que el mundo requiere, como la demanda de infraestructuras para una población en crecimiento, o el hecho de que mucha materia prima está yendo a la escasez como los áridos, esto hace que se investigue sobre la tecnología del concreto. La ciudad de Huaraz no es ajena a esta problemática, si bien es cierto que esta investigación trata de un concreto con resistencia tan solo de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, esta se puede utilizar como para estructuras menos resistentes, como veredas u obras de arte en la construcción civil. Existen muchas investigaciones donde especifican que los concretos no son fabricados solamente de cemento, agregados y agua; además contiene aditivos minerales, naturales como las cenizas volantes, o simplemente cenizas de quemas de hornos artesanales, tal y como lo explican Mansoor, Asad, Muhammad, Usman (2015), la producción de cemento implica usar materias primas y energía, liberando dióxido de carbono (CO_2) a la atmosfera; así como en muchas partes del mundo se usan residuos de madera como combustible produciendo cenizas de madera (WA), este producto en la mezcla para concreto de cemento hace que sea rentable y amigable al reducir la demanda del cemento (p. 1). Para esta investigación se hace un estudio en base no a la adición, sino a la sustitución de ceniza de eucalipto por cemento, considerando que la mezcla de ceniza con agua produce cualidades cementicias similares al cemento, es por ello el estudio de esta investigación. La presente investigación nos plantea la necesidad de investigar sobre la ceniza de eucalipto en dos dimensiones, evidentemente sobre la parte profesional donde se demuestra que la sustitución de ceniza de eucalipto por cemento favorece a la resistencia de un concreto, esto porque sus características físicas que se asemejan al cemento, y por otra parte en el contexto social, el uso aun no reglamentado de este tipo de aditivo natural, haría que se

busque la manera de industrializar la ceniza de eucalipto, por una razón empírica. Por costumbres en zonas como nuestra región y quizás en nuestro país, tras la tala de árboles de eucalipto, se presentan en los alrededores de la actividad, desperdicios de tala, como pequeñas ramas y hojas del árbol que no son de utilidad muchas veces ni como leña, estas porque presentan eucaliptol o cineol, componentes tóxicos para el suelo, normalmente la población suele quemarlos y esperar un tiempo prudencial para poder usar esas tierras de cultivo y poner en marcha las siembras que requieran hacer. Por esa razón el querer industrializar esta práctica favoreciendo al sembrador, al suelo de cultivo; dando un aprovechamiento total de la materia prima. En nuestra localidad existe mucha deficiencia en las diversas construcciones, esto por tratar de ahorrar en materiales; por lo tanto, esta investigación busca comprobar que sustituyendo este material por el cemento portland podamos obtener una similar o mejor resistencia a compresión de un concreto. En tal sentido se formula el siguiente problema. ¿Cuál es el comportamiento de un concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ sustituido parcialmente con ceniza de eucalipto sometido a resistencias de compresión? Esta investigación se justifica en observar el comportamiento del concreto sometido a fuerzas de compresión en probetas con sustitución de ceniza en porcentajes parciales por cemento portland; además del ahorro económico donde el cemento será sustituido parcialmente con cenizas de desperdicios de la tala de eucalipto y que se puedan emplear en la construcción donde se requiera resistencias de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$. La recolección de desperdicios de la tala de eucalipto es de bajo costo económico, ya que solo es poder dar una mayor utilidad a estos y con ello generar puestos de trabajo en la población local en lugar de dejar podrir esos desperdicios, además la producción de cenizas de eucalipto genera poca contaminación de CO_2 , sabiendo que uno de los componentes de la ceniza es el óxido de silicio, que también es parte del cemento, por ende, se puede elaborar concreto a partir de esta. Se sabe que el concreto reforzado con aditivos puzolánicos presenta buenas cualidades para su elaboración en la construcción. Esta investigación plantea el siguiente objetivo general: Determinar la resistencia a compresión de un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ cuando se sustituye el cemento por las cenizas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) a un 2%, 3% y 5%. Para poder alcanzar este objetivo se plantea cuatro objetivos específicos: caracterizar químicamente la ceniza de eucalipto, elaborar el diseño

de mezcla de concreto donde sustituir ceniza de eucalipto por cemento, determinar la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días para cada una de las sustituciones y determinar el comportamiento del concreto para cada porcentaje sustituido. En tal sentido se tuvo la siguiente hipótesis: la sustitución parcial del cemento en 2%, 3% y 5% por ceniza de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) mejora la resistencia a compresión de un concreto $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

II. MARCO TEÓRICO

Dentro de esta investigación tratando de comprender las bondades que puede tener el uso de ceniza volante de la quema de los residuos de la tala del eucalipto en la elaboración de concreto se encontraron los siguientes antecedentes como se menciona a continuación. Escalante y Huamán (2020) en su investigación, Adición de cenizas volantes (CV) de carbón en el concreto $f'c=210\text{Kg/cm}^2$ para diseños de la Viviendas Unifamiliares. Tuvieron como objetivo principal determinar la resistencia a compresión con adición de (CV) de carbón en un concreto $f'c=210\text{Kg/cm}^2$. Como objetivos específicos buscaron; demostrar la contribución de la adición de CV en la mezcla del concreto, conocer los beneficios de las CV en las propiedades mecánicas del concreto, estimar la influencia de las CV en las cualidades en el concreto. Respecto a esta investigación se realiza desde un enfoque cuantitativo de acuerdo a la realidad problemática, por ello que esta tesis es una de tipo aplicada donde se recolecta información que permita obtener técnicas de elaboración de concreto en diversas dosificaciones; las unidades de muestra son iguales a la población. Los autores concluyeron que, la resistencia a compresión superó al concreto patrón de 210 kg/cm^2 al usar una adición de 9% llegando a un $f'c=261\text{ kg/cm}^2$, además de que con este porcentaje adicionado tuvo mejores propiedades mecánicas de trabajabilidad, se observó que el diseño de mezcla con adición de CV al 9% el Slump estuvo dentro de lo permitido (4" a 6"). En referencia a la sustitución de cenizas volantes, añadimos lo referente a Tagle (2019) que en su investigación Análisis comparativo de las propiedades físico mecánicas de un mortero patrón; y un mortero sustituyendo el peso del cemento con ceniza volante (CV) en porcentajes de 5%, 10% y 15%. Tuvo como objetivo general analizar las cualidades físico mecánicas de un mortero simple y con sustituciones de ceniza volante en 5,10 y 15% de manera comparativa, para lograr su objetivo general plantea los siguientes objetivos específicos; determinar la cantidad de CV para mejorar las resistencias a compresión, evaluar la firmeza del mortero al ser sustituido con CV en 5,10 y 15%, obtener la resistencia a compresión de un mortero sustituido con CV en 5, 10 y 15%. Esta investigación presenta un enfoque cuantitativo, además es secuencial y probatoria, su nivel de investigación es descriptiva correlacional y su diseño es cuasi – experimental porque manipula

deliberadamente la ceniza volante para observar sus efectos frente a su variable dependiente; de acuerdo a los criterios de evaluación de la muestra se define que esta es igual a la población. La investigadora concluye que de acuerdo a sus diversas hipótesis no logra demostrar lo requerido por sus objetivos, pero si una que está relacionada a esta investigación; la sub hipótesis N° 2 demostró que la consistencia del mortero aumentó tras la adición parcial con ceniza en porcentajes de 5, 10 y 15%, la relación a/c era de 0.51 teniendo una muestra bastante seca, por lo que incrementó a 1.00 la relación a/c obteniendo una baja fluidez que está fuera de la norma, pero al incrementar la relación a/c a 1.10 el rango de la fluidez cumplió los parámetros de diseño. Viendo lo antes mencionado sobre cenizas volantes de residuos de plantas termoeléctricas, pasamos a ver las cenizas volantes de biomasa y residuos orgánicos como menciona Alvarado, Andrade y Hernández (2016), en su investigación, Estudio del empleo de cenizas de Ingenios azucareros como sustituto parcial del cemento en el diseño de mezclas de concreto. Tuvieron como objetivo demostrar la influencia de la ceniza de Ingenios azucareros en la resistencia del concreto como sustituto del cemento; para lograr tal objetivo plantearon los siguientes objetivos específicos; proponer un diseño de mezcla con sustituciones porcentuales de ceniza de los Ingenios Chaparrastique y Jiboa, determinar mediante las pruebas de compresión si sustituciones con porcentajes de ceniza tienen uso estructural, definir el comportamiento de las cualidades del concreto en su trabajabilidad, temperatura y resistencia a compresión con respecto a las propuestas de mezclas. En esta tesis los autores indican que la investigación es experimental enfocado al uso de nuevos materiales, la muestra trabajada es igual a población con 130 cilindros esto para mejorar su método estadístico. Los autores concluyeron que en base al método estadístico se logra cumplir el objetivo general; en el caso del Ingenio Chaparrastique se observa que la ceniza influye en un 98.02% a la resistencia a los 28 días; y el Ingenio Jiboa con la ceniza también influye en un 97.42%, siendo la ceniza la causa para las mejoras del concreto respecto a las resistencias; y que tras los 28 días de curado determinaron que el concreto con cenizas de los Ingenios Chaparrastique con 5 y 10%, y Jiboa con 5, 10 y 15% pueden ser usados para elementos estructurales ya que la resistencia adquirida es mayor a la especificada. Con referencia a lo anterior y explicando con mayor detalle a la sustitución de ceniza de eucalipto por cemento se tiene a Solano

(2020) que en su investigación Influencia de la ceniza de hojas de eucalipto en las propiedades del concreto simple para mortero en muros no portantes. Tuvo como objetivo principal, evaluar cómo las cenizas varían las cualidades del concreto para morteros en muros no portantes, para el desarrollo de este objetivo plantea los siguientes objetivos específicos; analizar cómo la ceniza de eucalipto incurre en las cualidades del concreto en estado fresco y diferenciar como la proporción de ceniza de eucalipto se relaciona con las cualidades del concreto en estado endurecido. El tipo de investigación fue la aplicada, pues este tipo de investigación utiliza las teorías y leyes ya existentes para generar nuevos conocimientos con el fin de proponer o establecer soluciones a un problema. El nivel de investigación fue el explicativo, ya que se buscó establecer los efectos de la variable independiente (cantidad de ceniza de eucalipto) en la variable dependiente (propiedades del mortero). La muestra considerada fue el total de la población correspondiente a un total de 156 especímenes de mortero convencional y modificado. El autor concluye que las cenizas de eucalipto mejoran las cualidades del concreto simple, con la sustitución de ceniza al 4%, además de reducir el asentamiento en 7.73%, mientras que las resistencias a compresión axial y diagonal incrementaron en 4.49%, 6.42% y 11.13%. Que la sustitución de ceniza en proporciones de 4, 8 y 12% influyen en las propiedades del concreto para morteros, pero esto es solo óptimo si se sustituye en 4%, ya que con las otras sustituciones el mortero presenta disminuciones en los ensayos a compresión. Viendo las bondades que presenta la ceniza de eucalipto, el siguiente investigador explica de manera detallada estudios hechos a la ceniza de eucalipto; Pérez (2017) en su tesis Resistencia del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento en 4% y 8% por ceniza de tronco de Eucalipto. Tuvo como objetivo general determinar la resistencia a la compresión del concreto sustituyendo el cemento en 4% y 8% por ceniza de eucalipto en un concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$. Como resolución a este objetivo presenta los siguientes objetivos específicos; determinar la temperatura y tiempo de calcinación de la ceniza mediante el análisis térmico diferencial (DTA), activar térmicamente la puzolana y mediante la fluorescencia de rayos X determinar los componentes de la ceniza de eucalipto, determinar el PH de la ceniza de eucalipto y de las combinaciones, determinar la relación a/c de los concretos, comparar la resistencia a compresión de las probetas patrón y experimentales a los 7, 14 y 28 días de curado. El investigador considera

a su investigación como aplicada y explicativa porque sus resultados servirán como soluciones futuras, además expresa que es un diseño experimental porque se experimentará la sustitución de ceniza de tronco de eucalipto por la de cemento. El investigador tuvo una muestra de 27 probetas de concreto que es la misma que su población. El investigador concluye que la sustitución de ceniza al 8% presenta una mejor trabajabilidad a comparación al de 4%. Según el DTA a 400 °C por dos horas de calcinación la ceniza desarrolla actividad puzolánica siendo capaz de sustituir parcialmente al cemento. De las muestras con sustitución de 4% y 8% de ceniza de eucalipto se superó la resistencia del concreto patrón en 1.75% y 9.37% respectivamente. La ceniza de eucalipto supera en un 2.359% de óxido de calcio (CaO) con un 64.66%, a diferencia del cemento que tiene 62.30% de este componente. La relación a/c para el concreto patrón fue de 0.684, para la sustitución al 4% fue 0.71 y para el de 8% fue 0.72, aumentando la relación. La ceniza de eucalipto presenta un 15.92% de dióxido de silicio (SiO₂), los cuales son parte de la constitución del cemento, además del calcio encontrado que influyen en el concreto, aunque se ve que el dióxido de silicio contribuye en el concreto contra la porosidad, esta absorbe mayor cantidad de agua. De las revisiones anteriores de los autores citados, y con los conocimientos previos adquiridos con referencia a la preparación de concretos y de los ensayos que se realizan previos y posteriores a la misma, se realiza este marco teórico. Según Diagne, Dia, Gueye (2021) definen al Concreto hidráulico como una mezcla formada de cemento, arena, grava y agua, al que se le pueden agregar aditivos, fibras, y cuyas propiedades se desarrollan mediante la hidratación (p. 2), aportando a esta definición Chen, Huang, Zhou (2012) mencionan que el concreto es usado en obras civiles como material de construcción tanto en tierra como en el mar, estas estructuras son sistemas que se encuentran sujetos a cambios continuos en el contenido de humedad (p. 1). De acuerdo a esta definición sobre el concreto hidráulico se definen los componentes de la misma. Rochel (2007) define al Cemento como toda sustancia que tenga cualidades ligantes, sea cual fuere su origen. Los cementos Portland hidráulicos son hechos de materiales calcáreos, pulverizados y mezclados, calcinados a 1350 °C resultando un clinker, el cual es molido y adicionado con yesos para regular el fraguado. El cemento al mezclarse con el agua forma una pasta que se endurece al tiempo, a este efecto se denomina fraguado (p. 16). Los investigadores Luc

Leroy, Guy Molay, Joseph N, Jean-Marie Bienvenu (2017), mencionan que, en la ingeniería civil solemos usar más el cemento Portland por ser más económico, tiene un buen comportamiento con el medioambiente y tiene buenas cualidades técnicas (p. 3). Como bien sabemos que para formar una pasta se necesita de un elemento líquido y en nuestro caso siempre es el uso del agua, Baltazar (2011) menciona que para producir concreto se puede utilizar cualquier agua que sea potable, inolora e insabora; también aguas no potables pueden ser adecuadas. La norma ASTM C-94 propone criterios de aceptación para el agua que será empleada en el concreto (p. 16). Con referencia al agregado, Díaz en "Naturaleza del Concreto" lo define como el conjunto de partículas inertes naturales o artificiales, que ocupan entre el 62% y 78% en una unidad cúbica de concreto (p. 5. Párr.1). Además, según la Norma Técnica Peruana NTP 400.011 son un conjunto partículas naturales que pueden ser tratados o artificiales que puedan ser elaborados. Como parte de la elaboración del concreto hidráulico, los agregados requieren de estudios previos al diseño de mezcla, como se definen a continuación; Molina y Chara (2017) definen como Contenido de humedad en base a las normas ASTM C566, NTP 339.185 a todos los agregados de la naturaleza que están expuestos a la intemperie, estos presentan poros las cuales pueden contener agua y poseer cantidades de humedad, determinar esto es importante para conocer la cantidad de agua en la mezcla (p. 60). Con respecto a la Gravedad específica la (Norma Técnica Peruana 2013) la define como la característica aplicada para el cálculo de volumen ocupado por el agregado en diferentes mezclas de concretos de cemento (p. 4); de igual manera la NTP 2013 define a la absorción del agregado como los valores usados para calcular el cambio en la masa después de haber absorbido agua a través de los poros de las partículas (p. 5) siendo las NTP 400.021, 400.022 y ASTM C127, C128 que determinen su elaboración, tanto para el agregado grueso como para el fino. Referente al Peso unitario Torre (2004) define que es la relación entre el peso y el volumen total incluyendo los vacíos, su determinación se encuentra regulado en ASTM C29 y NTP 400.017; el valor determinado se utiliza para convertir de pesos a volúmenes y viceversa (p. 47). Una vez determinado estos ensayos se procede a la Granulometría que Rivera en (Concreto simple) la define como la distribución de partículas por tamaño de un agregado sea grueso o fino, se determina a través de un análisis granulométrico que consiste en separar una

muestra representativa y hacerlas pasar a través de tamices estandarizados y retenerlas en cada una de ellas, estos tamices deben ajustarse a las normas ASTM C136, ASTM C33, NTP 400.012, NTP 400.037, al resultado de este ensayo se le denomina granulometría (p. 56); aportando a esto Gutiérrez (2003) expresa que los análisis granulométricos se grafican mediante una curva granulométrica, donde el porcentaje que pasa, aparece en el eje de las ordenadas, y las aberturas de los tamices en el eje de las abscisas, si una es curva y ligeramente inclinada indica un material bien gradado, es decir, los espacios entre partículas son mínimas; pero si una curva es casi vertical muestra un material con mala gradación, donde aumentan los espacios vacíos (p. 18). ya habiendo realizado los ensayos de las propiedades de los agregados se puede realizar el Diseño de mezcla que según Torre (2004) señala que esta actividad, consiste en usar de manera técnica las proporciones particulares de cada uno de los componentes del concreto, esto enfocado en las normas establecidas; sabemos que, al mezclar cemento, agua, agregados y a veces aditivos obtendremos finalmente un solo material denominado concreto (p. 87). De acuerdo a lo estudiado tradicionalmente y por la simpleza del concreto se realizó el método ACI 211.1; una vez elaborado el concreto y habiendo realizado las probetas de acuerdo a sus especificaciones de población y muestras, se procede al Curado que según Rivera López (como se citó en Tagle. 2019) en base a la norma ASTM C192, el curado es el proceso de hidratación haciendo que el concreto desarrolle las propiedades deseadas y también una temperatura favorable en el concreto (p. 23); además, según la Norma E.060 las probetas deberán ser fabricadas durante el proceso de vaciado, transportadas y curadas de acuerdo a la NTP 339.033:2015, los testigos no deberán ser curados en obra tal como lo establece la NTP 339.077: Rev.2017 (p. 31). Habiendo pasado los días establecidos según las normas y dejando escurrirlas a temperatura ambiente, se procedió con el ensayo de Resistencia a compresión que Li (2004) explica que esta prueba se determina ejerciendo compresión de carga axial aplicada sobre una sección transversal constante, carga que va incrementándose hasta que falla la muestra, el resultado obtenido tras la falla, generalmente se expresa en libras por pulgada cuadrada (psi) o pascales (Pa) (p. 6). Tugrul, Ugur, Engin (2016) aportan a este concepto que esta resistencia se determina en base a la compresión uniaxial estándar y es aceptada como una guía de resistencia del concreto (p. 2). Con

respecto a la resistencia a compresión según nuestras normas siempre deben ensayarse de acuerdo con la NTP 339.034:2015, a periodos distintos de 7, 14 y 28 días. Todo concreto elaborado debe ser puesto a un control de calidad, en ese sentido Patiño y Méndez en “Control de calidad del concreto” menciona que, en la sección 5.6.3.3 del ACI-318R, el nivel de resistencia individual de concreto deberá cumplir que el promedio aritmético de tres pruebas consecutivas es igual o mayor a la resistencia especificada f'_c , ningún resultado individual de la prueba de resistencia deberá ser menor que f'_c por más de 35 kg/cm^2 (p. 3). Como parte del proceso de elaboración de mezcla y en referencia a esta investigación, se mencionó que presenta la sustitución de un aditivo por cemento, en tal sentido Navarro y López (2006), mencionan que los Aditivos son productos distintos al cemento, agregado y agua, estos se emplean como componentes del concreto que se agrega a la mezcla, existen una variedad de aditivos que al emplearse modifica las propiedades del concreto haciéndolo más adecuado para determinado trabajo dependiendo del diseño realizado. (p. 83). Rivera en (Concreto simple) manifiesta que, para mejorar la manejabilidad de la mezcla, es posible usar aditivos en polvo como, cal hidratada, pumicita y cenizas (p. 91). Dentro de los aditivos fabricados con el fin de mejorar la calidad del cemento y por ende la del concreto podemos mencionar a estos aditivos minerales: La Puzolana y Escoria (slag) que Kosmatka en *Durability of Concrete* (2013) los define como productos de altos hornos también llamados cemento de escoria, estos pueden tener efectos variados sobre la cantidad de agua y el contenido de aire, esto para resistir ciclos de congelamiento (p. 20). También están las Ceniza Volante (fly-ash) que según Giraldo (2006) las se definen como micro residuos, originados en la pulverización y combustión del carbón en las centrales térmicas, son considerados como adición inerte, sustituyente del cemento portland (p. 60). Por otro lado, Bouaissi (2020) menciona que en general, las cualidades reológicas (deformación y flujo) de las pastas de cemento podrían verse afectadas por la morfología y las pequeñas partículas esféricas de FA, además la cantidad de calcio en las partículas de ceniza volante bajas en calcio tiene una influencia significativa en la reología de las pastas al reducir la cantidad de demanda de agua y aumentar la trabajabilidad (p. 8); aportando más respecto a los tipos de cenizas que se pueden usar para la elaboración de concreto Mansoor et al. (2015) menciona que las cenizas volantes

(FA), ceniza de madera (WA) y cenizas de cascara de arroz (RHA) son residuos agroindustriales de naturaleza puzolánica, producidas en millones de toneladas como subproducto y aun siendo contaminantes, el uso de las cenizas de los materiales de reemplazo del cemento (CRM) reduciría la contaminación y los costos del concreto, demostrando que estos materiales pueden ser utilizados como CRMs (p. 1); como mencionan los autores anteriores sobre las cenizas, de igual manera Abdullahi (2006) considera a la ceniza de madera como una puzolana que, al ser obtenidas por combustión, estas se pueden relacionar con las cenizas volantes porque también se obtienen del carbón; así como las cenizas de cascara de arroz o madera también podría utilizarse como puzolana en el concreto (p. 10). Tras demostrarse que la producción de ceniza es altamente contaminante, como investigadores estamos en la obligación de buscar nuevas alternativas que no dañen más al medio ambiente o por lo menos aminorarlas, como materiales puzolánicos fáciles de conseguir a base residuos agrícolas o de tala que, al ser quemados eficazmente, se obtienen materiales con altos contenidos en sílice y alúmina. Con respecto a esta investigación y como se explicó en la problemática vemos el uso de ceniza de eucalipto como sustituto al cemento, así como según Gluitz y Marafão (como se citó en Solano. 2020), las cenizas de madera presentan propiedades cementantes al reaccionar con la puzolana del cemento (p. 22), sumado a esta afirmación, Subramaniam, Subasinghe, Keerthi (2015) afirman que varios estudios han analizado la capacidad de la ceniza de madera como sustituyente del cemento en la preparación de concreto de calidad estructural y autocompactante en la construcción de edificios (p. 2). Además, según Monica et al. (2013) y ACAA, 2005 Coal Combustion Product (como se citó en Yahia, Alsharie, Suliman, Masound. 2017) mencionan que utilizaron materiales alternativos como ceniza de madera en reemplazo del cemento para la fabricación de concreto, concluyeron que, usando estos materiales se ahorró entre un 14% y 20% de cemento además que al utilizarlos se evita la contaminación ambiental y se dispone de una mejor manera estos materiales de desecho (p. 3). En esta investigación se pretende comprobar las propiedades mecánicas de un concreto de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, sustituidas con ceniza de eucalipto son aptas para el buen y correcto desempeño antes y durante la mezcla, durante el proceso de fragua, hasta los ensayos de resistencia a compresión, en tal sentido habiendo rescatado las investigaciones de

otros autores con referencia a las cenizas volantes y cenizas de maderas, que todas estas poseen cualidades cementicias el investigador Pérez (2017), habiendo realizado los análisis de fluorescencia a la ceniza de eucalipto, registra los siguientes componentes químicos: óxido de calcio con 64.66%, trióxido de hierro con 9.98%, dióxido de silicio con 15.92%, trióxido de aluminio 1.31% siendo estos los componentes principales del cemento y definirse como un material cementante (p. 37). En tal sentido y demostrando que las cenizas del eucalipto (*Eucalyptus globulus*) se detalla su origen, morfología, rendimiento, importancia, efectos ante incendios forestales, usos y procesos de utilización previos al quemado de esta para producir la ceniza. Según Granados, López (2007) mencionan que los eucaliptos han hecho un gran aporte a la producción mundial de leña y productos maderables, este árbol es de gran importancia en regiones cálidas del mundo que estén sujetas a periodos de escasez de agua, se estima que en el mundo tras la creciente población del eucalipto aumentará información sobre su rendimiento y procedencias, además de las mejoras genéticas que se realizarán (p. 12). Con respecto a la investigación se viene mencionando que nuestro estudio se realizará con el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) que es la que se encuentra con mayor población en nuestra región, según el autor antes mencionado dice que esta especie tiene su origen en una pequeña área costera de la región sur de Victoria en Australia, con una mayor presencia en el sur y sudeste de Tasmania (p. 12). Con respecto al porte que presentan los eucaliptos Majada, López, Oliveira Carvalho (2012) mencionan que son muy variable, existiendo eucaliptos de porte arbóreo y otros arbustivos, estos árboles pueden alcanzar hasta 60 m con copa abultada o alargada y en algunos lugares pueden llegar hasta los 80 m de altura (p. 2). Con referencia a nuestra región en base a los rendimientos David y Cárdenas en “Revista Forestal del Perú, v.9(2):1-14”, mencionan que se reportan rendimientos de *Eucalyptus globulus* del orden de 15 y 20 m³/ha/año con rotaciones de 4 a 5 años. Los rendimientos de *Eucalyptus globulus* en el Perú, observados en la sierra central, alcanzan crecimientos hasta de 35 m³/ha/año en suelos pobres y pedregosos. En la cuenca del río Huaura, Perú se han determinado crecimientos hasta de 37 m³/ha/año (p. 3). En tal sentido se puede afirmar que el eucalipto *globulus* es una especie cultivada en todo el ande peruano, formándose bosques y linderos de cultivos. Dentro de las bondades que presenta el eucalipto *globulus*

Cerasoli, Caldeira, Pereira, Caudullo, de Rigo (2016) mencionan que esta especie solía ser ornamental, pero su rápido crecimiento y adaptabilidad siendo un árbol maderable es usada en industrias, como para pasta de papel, leña y madera; también es usado para productos no madereros, como extracción de aceites para aplicaciones médicas y cosméticas; además es usado como barrera contra el viento en campos, pastos y carreteras, y también con fines medioambientales o para rehabilitación de sitios mineros y pantanos (p. 1). En esta investigación se habla brevemente sobre incendios forestales, ya que es común que en nuestra región haya este tipo de acontecimientos, ocasionalmente producidos por el hombre con el afán de desaparecer los restos de los residuos de tala, en tal sentido y con referencia a los incendios forestales Samaniego (2013) menciona que, según la FAO es cualquier incendio de vegetación no controlado, se incluyen los incendios de vegetación que son prendidos como acción de manejo (p. 11). Como se viene explicando el fuego produce ciertos efectos sobre el suelo y el agua. Samaniego (2013) explica que el suelo es parte estructural del ecosistema forestal y sufre cambios directos en sus propiedades físicas, químicas y biológicas o cambios indirectos como consecuencia de estar cubiertos con cenizas, estos cambios pueden afectar la calidad del suelo, limitando la capacidad de funcionar como algo vivo, los incendios reducen la materia orgánica, provocando cambios en el suelo, afectando desfavorablemente la porosidad, aeración y su capacidad de filtración (p. 24). A pesar de todos los efectos que se producen tras un incendio, en ENAMA en el Progetto Biomasse, Enama menciona que, el eucalipto es un árbol de hoja perenne de hoja ancha con rotaciones cortas que van de 2 a 3 años tras el corte, los nutrientes de las hojas no se reintegran al suelo (p. 56). Esto hace que exista cierto desperdicio de las hojas y los tallos. Los procesos de utilización previos a la calcinación y obtención de la ceniza se realizan de la siguiente manera: identificación, higiene y recolección. La identificación del material es bastante sencilla puesto que son los restos de tala del árbol caído, respecto a la higiene es necesario que los restos estén libres de moho y parásitos porque estos al ser calcinados producirían efectos no deseados; en cuanto a la recolección es muy necesario separar los restos de tala, de las hierbas y trozos de madera que no sean del eucalipto, nunca tomar ramas del árbol en pie porque se dañaría la planta.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Para establecer el tipo y diseño de investigación, se debe saber cuál es el enfoque, por lo tanto, según Hernández, Fernández y Baptista (2014), el enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio, cada paso precede al siguiente sin realizar saltos, es riguroso, aunque se pueden redefinir unos pasos (p.4).

Por lo descrito anteriormente la investigación tuvo un enfoque cuantitativo, porque los resultados que se obtuvieron gradualmente, y se pudieron analizar las propiedades mecánicas del concreto con sus respectivas adiciones porcentuales.

Tipo de investigación:

Según Baena (2017), menciona que la investigación aplicada tiene objetivo de estudiar un problema que lleva a una acción, también aporta nuevos contextos, de modo que podamos confiar en las nuevas informaciones que podrían ser útiles y estimables para la teoría (p.18).

Por lo antes mencionado se establece que esta investigación es de un tipo aplicada porque se basa en los conocimientos logrados en la formación académica, además de que se están aportando nuevos conocimientos sobre la utilización de la ceniza de eucalipto en futuras aplicaciones al concreto en la carrera de ingeniería civil.

Diseño de investigación: para Hernández et al. (2014), un diseño es cuasiexperimental porque al menos una variable independiente es manipulada intencionalmente para observar los efectos sobre otras variables (p.151).

Esto se expresa de la siguiente manera, sabiendo que las variables tendrán manipulación para la obtención de información, en los ensayos, en el desarrollo de cada actividad, esto con el afán de determinar las variaciones en las propiedades del concreto $f'_c=175 \text{ kg/cm}^2$ sustituido con ceniza de eucalipto en porcentajes de 2%, 3% y 5%, tras ser sometidos a la resistencia a compresión

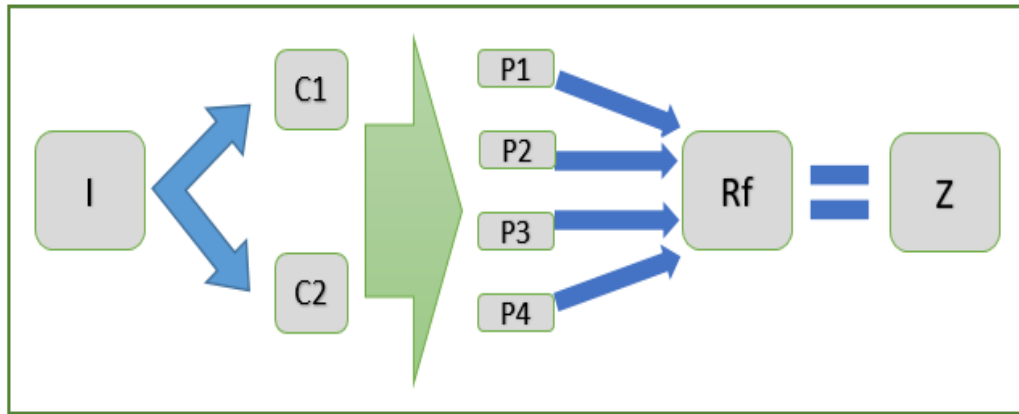


Figura 1. Ideograma de investigación

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

- I : Investigador trabaja de manera secuencial los componentes del concreto
- C1 : Ceniza de eucalipto.
- C2 : Componentes del concreto.
- P1 : Propiedades de la ceniza.
- P2 : Propiedades del concreto.
- P3 : Comportamiento del concreto.
- P4 : Resistencia a compresión.
- Rf : Resultados finales de los ensayos sometidos al concreto con sustitución de ceniza.
- Z : Análisis de los resultados, discusiones y conclusiones.

3.2 Variables y operacionalización

- V.I.: Ceniza de eucalipto.
- V.D.: Resistencia a compresión del concreto.

Variable Independiente: Salkind (1998), expresa que son procedimientos que pueden ser controlados o manipulados para obtener algún resultado, esta

manipulación es a fin de comprender la manipulación que tendrá la variable dependiente en un determinado experimento (p. 25).

Variable dependiente: Para Salkind (1998), las variables dependientes son los resultados que dependen del experimento o de las manipulaciones que hace para obtener los resultados de cualquier investigación (p. 25).

Definición conceptual: Para Cortés e Iglesias (2004), Se refiere a aquello que requiere todo objeto de investigación, que define y delimita de acuerdo a un marco teórico conceptos que guarden relación a las variables en el estudio o investigación (p. 19).

Definición operacional: Según Hernández et al. (2014), una operacionalización es el conjunto de procedimientos que un observador debe de realizar para obtener impresiones sensoriales, las que indican la presencia de conjunto en mayor o menor grado (p.120).

Indicadores: Según Baena (2017), Son los aquellos medios de procesamiento de las variables, relacionadas a la medición. Estas constituyen las dimensiones mínimas de las variables y se constituyen de parámetros donde se da una realidad que se pretende conocer (p. 94).

Escala de medición: Según Hernández et al. (2014), El proceso de medición es vincular conceptos con indicadores que se realizan a través de pasos organizados tratando de clasificar datos que el investigador requiera. Una escala de medición requiere de precisión para determinar las valuaciones de una variable, teniendo en cuenta que una medición debe ser adecuada, válida y confiable (p. 199)

En la matriz de operacionalización se indican la variable dependiente e independiente cada una de ellas con sus definiciones conceptuales y operacionales, dimensiones, indicadores y unidades de medición; esta información se adjunta en los anexos.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población: Según Lepkowski (como se citó en Hernández et al. 2014), una población es un conjunto de casos que se asemejan con una serie de descripciones (p. 174). Viéndolo desde una perspectiva estadística, Borja (2016), denomina a la población como una suma de elementos que serán motivo del estudio (p.30).

Al entenderse que la población abarca a una totalidad, en esta investigación se establece con criterios de inclusión, que la población es el total de la muestra con la que se trabajó, quiere decir que estuvo constituida por 36 probetas de un concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ compartidas en 9 unidades de concreto patrón y 9 unidades de concreto con sustitución de ceniza al 2%, 3% y 5% respectivamente, haciendo un total de 36 unidades de probetas.

Muestra: Según Hernández et al. (2014), es un subconjunto de elementos que pertenecen a la población, entendiéndose que para un enfoque cuantitativo todas las muestras deben ser representativas (p.175).

Teniendo los criterios de inclusión antes mencionado, la muestra para el ensayo a compresión es igual a nuestra población con el fin de determinar con total certeza que los valores obtenidos tras los ensayos fueron de mucha precisión, esta muestra de 36 unidades de concreto de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, dividida por un concreto patrón con 9 unidades, y 9 unidades de concreto con sustitución de ceniza al 2%, 3% y 5%, todas y cada una de ellas sometidas a compresión a los 7, 14 y 28 días, este criterio de ensayo se basó en la NTP 339.034 y/o la ASTM C31 que especifica que las roturas serán de tres probetas como mínimo, como lo indica la Tabla 1.

Tabla 1. Muestras de probetas de concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ para los ensayos a compresión

Sustitución de ceniza de eucalipto	Cantidad de muestras para el ensayo a compresión (und.)			
	7 días	14 días	28 días	Subtotal
Patrón	3	3	3	9
2%	3	3	3	9
3%	3	3	3	9
5%	3	3	3	9
Total:				36

Fuente: Elaboración propia

Muestreo: Por el tipo de investigación, la población y la muestra se define que el muestreo a realizar es del modo no probabilístico, según Hernández et al. (2014), Para estas muestras no se puede definir de manera estadística, en este caso estos procedimientos probabilísticos dependen de la decisión del investigador (p. 32).

Para el diseño del muestreo no aleatorio con sustitución de ceniza nos basamos en la NTP 339.033 para la elaboración y curado de probetas de concreto, NTP 339.034 para determinar la resistencia a compresión de probetas cilíndricas de concreto y NTP 339.215 para medir resistencias a compresión a edades anticipadas y a edades mayores.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica empleada fue el análisis documentario o análisis de contenido cuantitativo, según Hernández et al. (2014), es una técnica para que se aplica para todo tipo de investigación de una forma neutral y metodológica, cuantificando los contenidos en partes y sometidos a análisis estadísticos (p. 251). Según la USMP en el manual “Metodología de la Investigación” (2017) como parte del análisis documentario menciona a la obtención de literatura, que se inicia directamente con la búsqueda y almacenaje de información primaria, esto sucede cuando el

investigador se está familiarizando con lo que su campo de estudio, tendiendo acceso a estas bibliografías, referencias y servicios de información (p. 60).

La técnica relacionada a los ensayos de laboratorio fue el análisis documental, y no solo a estos ensayos sino también a los conceptos previos buscados para esta investigación.

Borja (2016), en referencia a los instrumentos menciona que los proyectos de ingeniería se deben presentar los formatos utilizados, seleccionando instrumentos de recolección que deberán ser válidos y confiables para analizar la información registrada (p. 33).

Al haber usado el análisis documental como técnica, se emplearon las fichas de investigación, los reportes de laboratorio normalizadas y estandarizadas, y el reporte de laboratorio que fueron los siguientes:

- Contenido de Humedad (NTP 339.185)
- Análisis granulométrico (NTP 400.012 y ASTM C33)
- Peso específico y absorción del agregado grueso y fino (NTP 400.021, 400.022 y ASTM C127, C128)
- Peso unitario de los agregados (NTP 400.017 y ASTM C29)
- Ensayos de resistencia a compresión (NTP 339.034:2015)

La validez de todos los resultados está expresada por los reportes de los laboratorios que brindan los resultados obtenidos, estas se presentan en los anexos, y la confiabilidad se muestra a través de la prueba estadística ANOVA donde se identifica un coeficiente de confiabilidad, demostrando que los resultados de los ensayos son viables en esta investigación.

3.5 Procedimientos

Los procedimientos de recolección de información se desarrollaron bajo un esquema de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas y Normas Internacionales,

además de las guías proporcionadas por el laboratorio de ensayos. Estas se realizaron por etapas desde la obtención de materiales, estudios de las propiedades de los agregados, diseño de mezcla, elaboración de probetas, curado y ensayos; como se indica en la tabla 2.

Tabla 2. Etapas de los procedimientos de recolección de datos

I ETAPA OBTENCIÓN DE MATERIA PRIMA	II ETAPA ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS	III ETAPA DISEÑO DE MEZCLA F'c= 175 Kg/cm²	IV ETAPA ELABORACIÓN DE PROBETAS, CURADO Y ENSAYOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cemento. ➤ Agregados. ➤ Ceniza de eucalipto. ➤ Agua 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Agregado Grueso. ➤ Agregado Fino. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Concreto Patrón. ➤ Concreto Adicionado al: <ul style="list-style-type: none"> - 2% - 3% - 5% 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Elaboración de probetas cilíndricas. ➤ Curado. ➤ Ensayo de resistencia a compresión a los: <ul style="list-style-type: none"> - 7 días - 14 días - 28 días

Fuente: Elaboración propia:

PRIMERA ETAPA: En esta primera etapa se procedió a obtener la materia prima con la que se realizó esta investigación, de forma precisa se detalla a continuación:

Cemento: Se optó por trabajar con cemento portland tipo I (ASTM C150) marca sol, con un peso específico de 3.15 gr/cm³ según el proveedor.

Agregados: El agregado usado en esta investigación fue de la cantera Rosales se optó por esta cantera porque es una de las mejores fuentes de extracción de material y por estar relativamente cerca de la ciudad de Huaraz, y sobre todo por las características físicas que poseen, demostradas en investigaciones anteriores. La cantera se encuentra ubicada en la carretera Huaraz – Carhuaz en el distrito de Anta, su acceso es antes del aeropuerto ubicado en esa localidad, el material extraído fue arena y grava de río comúnmente llamado hormigón, esto por haber realizado un concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$.

La ubicación de la cantera se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3. Ubicación de cantera

COORDENADAS UTM - WGS84 - 18S			
Cantera	Este	Norte	Cota
Rosales	215201.189	8964993.33	2734

Fuente: Elaboración propia

Aditivo (ceniza): Para esta investigación se optó por utilizar ceniza de los desperdicios de la tala de eucalipto (*eucalyptus globulus*) fueron extraídos del sector de Chequíó bajo del distrito de Independencia – Huaraz, fueron quemadas en un horno artesanal a una temperatura de 400°C tratando de obtener ceniza volante (blanco grisáceo), sin necesidad de moler la muestra ya que el carbón no presenta cualidades como las del cemento, estas cenizas fueron enfriadas a temperatura ambiente y tamizadas por la malla N°200.

Agua: Se usó el agua potable de la red pública de la ciudad de Huaraz.

SEGUNDA ETAPA: En esta etapa se realizaron los estudios físico mecánicos de los agregados, para efectuar un adecuado diseño de mezcla conforme a las NTP y normas internacionales, con relación a un concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$.

Contenido de humedad ASTM C566

Equipo necesario:

- Balanza con capacidad de 20 Kg y precisión de 5 gr.
- Horno con temperatura de 110 °C.
- Recipiente resistente al calor.

Procedimiento para obtener el contenido de humedad:

Determinado el TM del agregado grueso, que en esta investigación es de 1"; se seleccionó el material tamizándolo por la malla de 1" y el restante se separó por la malla N°4, para separar la arena de la grava. Para ambas pruebas, tanto de agregado fino como el grueso se procede de la siguiente manera:

- Se anotó el peso del recipiente.
- Se pesó la muestra húmeda más el recipiente.
- Se introdujo la muestra más el recipiente en horno a 105 °C durante 24 horas.
- Se retiró la muestra del horno dejándolo enfriar a temperatura ambiente
- Se pesó la muestra seca más el recipiente.
- Este procedimiento se realizó dos veces, para los agregado fino y grueso,
- Se calcularon los pesos del agua, suelo seco, contenido de humedad y humedad promedio.

El cálculo del contenido de humedad es de la siguiente manera:

$$\% \text{ Humedad } (W) = \frac{P1 - P2}{P2} \times 100$$

Gravedad específica y absorción del agregado fino:

Se empleó el material pasado por el tamiz N°4, teniendo una muestra representativa, usando los siguientes equipos:

- Balanza con sensibilidad a 0.5 gr.
- Picnómetro de 500 ml de capacidad.



Figura 2. Picnómetro

- Molde cónico metálico con dimensiones de 40 mm Ø superior, 90 mm Ø inferior y una altura de 75 mm.



Figura 3. Molde cónico

- Apisonador metálico con un extremo de superficie plana circular.
- Horno a $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Bomba de vacíos.

Procedimiento para obtener la gravedad específica y absorción del agregado fino:

- Se tomó una muestra de 300 gr previamente cuarteada poder realizar un adecuado ensayo.
- Se llevó a horno a 110°C para secar la humedad superficial propia del material.
- Se retiró del horno y se puso a secar por un periodo de tres horas a temperatura ambiente.
- Se sumergió en un recipiente con agua por 24 horas hasta que esté saturado.
- Luego de 24 horas se vació el agua procurando no botar el material arcilloso.
- Este material se llevó a horno revolviendo constantemente haciendo que pierda humedad de manera uniforme, esto a 60°C para quede en un estado saturado superficialmente seco.
- Se colocó el agregado hasta rebasar el cono metálico, dando golpes con el apisonador.
- Se repitió este trabajo tres veces, dando 25 golpes en cada una de las muestras.
- Se volvió a colmar, enrasar y retirar el cono.

Al retirar el cono se observó que tenía una forma tronco cónica, presentando más humedad que lo deseado correspondiente a un estado saturado superficialmente seco, eso procedió al siguiente ensayo:

- Se tomó nota del peso del picnómetro con agua con 500 ml.
- Se pesó 300 gr de material y se colocaron en el picnómetro
- Se pesó 300 gr para ser secado en horno

Se recomienda siempre poner el mismo peso en el picnómetro y en el horno a secar.



Figura 4. Saturado de material

- Una vez llenado la muestra al picnómetro, es unida a la bomba de vacíos, quitando los vacíos hasta eliminar las burbujas de aire.



Figura 5. Bomba de vacíos

- Se añadió agua hasta la marca de 500 ml anotando su peso.



Figura 6. Pesaje de muestra saturada

- Se anotó el peso de la muestra secada al horno hasta peso constante.

Gravedad específica y absorción del agregado grueso

Equipo necesario:

- Balanza para la muestra, sensible a 0.5 gr.
- Canasta metálica cilíndrica de tela metálica N°4 de 20 cm de diámetro y 20 cm de altura.
- Balde donde sumergir completamente la canasta y conectada a la balanza.
- Horno a 105°C +/- 5°C.

Procedimiento para obtener la gravedad específica y absorción del agregado grueso

- La muestra tras ser extraída de la cantera, se cuarteó en un poco más de 1 Kg para poder realizar un adecuado ensayo.
- Se lavó la muestra y se puso a secar 100 °C en horno.
- Retirada la muestra del horno se dejó enfriar a temperatura ambiente.
- Se sumergió en un depósito con agua durante 24 horas para saturar la muestra.

- Luego de la saturación se escurrió el agua y con un paño se absorbió la humedad superficial, tratando de conseguir un estado saturado superficialmente seco.
- Se anotó el peso del material en estado saturado superficialmente seco.
- Luego se colocó dentro de un cesto de alambre y se determinó el peso de la muestra sumergida dentro del balde, tratando de no perder parte de la muestra porque variarían los resultados.
- Se secó la muestra a 105 °C en horno por cada 24 horas.
- Se dejó enfriar a temperatura ambiente por tres horas y se anotó el peso obtenido de la muestra.



Figura 7. Peso Específico – Balanza



Figura 8. Peso Específico – Muestra sumergida

Peso unitario ASTM C29, NTP 400.017

Equipo necesario:

- Balanza con capacidad de 20 Kg y precisión de 5 gr.
- Molde cilíndrico de volumen conocido relacionado con el TM del agregado.
- Varilla de $\varnothing=5/8"$ con punta redondeada de unos 60 cm de largo,
- Horno a 105 °C +/- 5 °C.

Procedimiento para obtener el peso unitario seco suelto y seco compactado.

Una vez seco el material con un peso constante, el ensayo se realizó de dos maneras:

Peso unitario seco suelto

- Se determinó el peso y volumen del molde anotando sus valores.
- Se vació el material dentro del molde a una altura máxima de 5 cm sobre ella, de manera pausada y uniforme hasta colmarlo.
- Con la ayuda de una varilla se enrasó el material para obtener el volumen exacto de la muestra.
- Este procedimiento se realizó por tres repeticiones para poder tener un mejor resultado al ser promediado, cada uno de estos valores en peso del molde y material fueron anotados.

Peso unitario seco compactado

- Se determinó el peso y volumen del molde anotando sus valores.
- Se vació el material dentro del molde, a una altura máxima de 5 cm, en tres tercios del volumen del molde, dando 25 golpes con una varilla en el interior del molde en cada tercio, y golpeando con un martillo de goma para poder distribuir el material eliminando vacíos y haciendo que el peso sea lo más uniforme posible, hasta hacer que rebase el molde.
- Con la ayuda de una varilla se enrasó el material para obtener el volumen exacto de la muestra.

- Al igual que con el agregado fino, este procedimiento se realizó por tres repeticiones para poder tener un mejor resultado al ser promediado, cada uno de estos valores en peso del molde y material fueron anotados.

Granulometría: ASTM C136, ASTM C33 y NTP 400.012, NTP 400.037

Equipo necesario:

- Balanza con capacidad de 20 Kg y precisión de 5 gr.
- Bandejas metálicas para el almacenaje del material a tamizar.
- Tamices estandarizados para el agregado grueso y fino.
- Horno a 105°C +/- 5°C.

Procedimiento para obtener la granulometría del agregado grueso y fino:

Granulometría del agregado grueso

- La muestra fue tamizada por la malla 1 ½" determinada para el tipo de estructura a realizar, en este caso el TMN definido fue de 1".
- Se cuarteó el material y se tomó una muestra representativa de 24.818 Kg.
- Se dejó secar el material a temperatura ambiente por 16 horas.
- El material seco se pasó por los tamices estandarizados 1", ¾", ½", 3/8", N°4 y fondo.
- Se pesó el material retenido por cada una de los tamices incluido el fondo.

Granulometría del agregado fino (arena):

- La muestra fue tamizada a través de la malla N°4.
- Se tomó una muestra significativa de 2 kg.
- Se lavó el material haciendo pasar los finos por la malla N° 200.
- Una vez limpio el material se escurrió y fue llevado a horno durante 24 horas a 105°C.
- El material seco se pasó por los tamices estandarizados N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200.
- Se pesó el material retenido por cada una de los tamices.
- Con estos resultados se calculó el módulo de fineza del agregado fino.

TERCERA ETAPA: Luego de haber realizado los estudios previos al agregado grueso y fino, teniendo en cuenta que el concreto realizado es de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ se procedieron con los siguientes procesos previos al diseño de mezcla:

Cálculo de la resistencia promedio requerida ($f'cr$): para la investigación se requiere de una resistencia específica $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, como resultado se trabajó con una resistencia $f'cr= 245 \text{ kg/cm}^2$.

Cálculo de la relación agua / cemento (a/c): teniendo en cuenta que se requiere de una resistencia $f'cr=245 \text{ Kg/cm}^2$, considerando además que es sin aire incorporado se tiene un resultado tabulado de 0.618.

Volumen unitario del agua (VUA) y contenido de aire atrapado: teniendo en cuenta que el TM del agregado es de 1" y que el Slump es de 3" @ 4", se considera que el VUA es de 193 y el porcentaje del contenido de aire atrapado es de 1.5; considerando que en esta realizó para un concreto sin aire atrapado.

Volumen del agregado grueso compactado en seco por metro cúbico de concreto: sabiendo que el módulo de fineza $MF= 2.97$, y sabiendo que el tamaño máximo es de 1", el valor obtenido tras la tabulación es de 0.653.

Diseño de mezcla: para el concreto y con las sustituciones de 2%, 3% y 5% de ceniza de eucalipto, se realizaron las siguientes actividades:

- Especificaciones de diseño.
- Características de los materiales.
- Resistencia promedio.
- Ingreso de datos según características de los agregados.
- Relación agua / cemento (a/c).
- Cálculo del factor de cemento (F.C).
- Volumen del agregado grueso (VAG) y peso del agregado grueso (PAG).
- Cálculo de volúmenes absolutos.
- Contenido de agregado fino (CAF).
- Peso del agregado fino (PAF).
- Resultados de valores de diseño.

- Corrección por humedad del agregado.
- Proporción en peso y volumen.
- Cálculo de volúmenes por probeta.

CUARTA ETAPA: luego de haber realizado el diseño de mezcla y los pasos previos a esta, se procedió a elaborar las probetas de acuerdo al diseño de mezcla, para el concreto patrón y los que fueron sustituidos en los porcentajes de 2%, 3% y 5% de ceniza de eucalipto, estas con relación al peso del cemento, la relación a/c es en este caso la misma del concreto patrón para no interferir en él y ver el comportamiento del asentamiento para cada sustitución, observándose que para cada uno de los porcentajes, el Slump es semejante en todos los casos, demostrando que la trabajabilidad es buena y no requiere de alguna modificación. Como se vio en la tabla 1, se hicieron 9 probetas de concreto patrón, y 9 probetas para cada sustitución, haciendo un total de 36 probetas.

El curado de las muestras se realizó 24 horas después de la elaboración de cada una de ellas, fueron sumergidas por periodos de 7, 14 y 28 días como lo determinan las NTP, este curado se hizo con agua potable libre de impurezas para no modificar de manera irregular el comportamiento normal de las probetas.

Procedimiento del curado de las muestras:

- Desmolde de cada una de las probetas, después de 24 horas de elaboración.
- Sumergir a la poza de curado por 7, 14 y 28 días.

Ensayos de resistencia a compresión

Se realizaron 36 probetas o cilindros de las cuales fueron 9 unidades de concreto patrón, 9 unidades de concreto con 2% de sustitución, 9 unidades de concreto con 3% de sustitución y 9 unidades de concreto con 5% de sustitución, todas con ceniza de eucalipto por cemento portland Tipo I, estas fueron evaluadas a edades de 7, 14, 28 días, es decir que a los 7 días de vaciado del concreto se someterán a fuerzas de compresión 9 cilindros, de la misma manera se harán a los 14 días y finalmente a 28 días de curado. Por lo tanto, el ensayo de resistencia a compresión

de cilindros de concreto $f'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ constó de un universo de 36 cilindros, que se sometieron a la prueba antes mencionada.

Procedimiento del ensayo de la resistencia a compresión:

- se tomaron las medidas de cada uno de los cilindros, siendo estas de 15 cm de diámetro con 30 cm de altura.
- se colocaron las probetas de una en una sobre la base inferior de la máquina de compresión cuidadosamente alineada al eje de la misma, se aplicó la carga hasta el fallo, registrando la carga aplicada en ella en kilogramos.

La ejecución de este ensayo se realizó de acuerdo con la NTP 339.034:2015, en periodos de 7, 14 y 28 días de curado de acuerdo a la NTP 339.033:2015.

3.6 Método de análisis de datos

Según Hernández et al. (2014), para analizar los datos se confía en los procesos estandarizados y cuantitativos, las técnicas y modelos de análisis se relacionan con el planteamiento del problema, tipo de diseño y procedimientos, los análisis pueden ser datos originales o afectos a alguna transformación (p. 574).

El procesamiento de los resultados se hizo mediante softwares informáticos en este caso hojas Excel para tener una mayor precisión de la información recabada, estas fueron contrastadas con los formatos y normas según tablas y graficas de Resistencia a compresión vs Días de curado. Una vez procesados los resultados en gráficas y en los cálculos porcentuales, se identificó cuál fue el que tuvo el mejor comportamiento del concreto con sustitución de ceniza con las características del agregado que para este caso es de 1", y se compararon como variaron cada una de las resistencias a compresión. Finalmente se determinó cuál de todos los porcentajes en sustitución fue el más eficiente tras los ensayos de resistencia a compresión, es decir, el que presentó las mejores características mecánicas; y por último se utilizó el programa IBM SPSS con la prueba ANOVA con la amplitud estudentizada de Tukey a 0.05, para identificar el coeficiente de confiabilidad de los ensayos.

3.7 Aspectos éticos

Beneficencia: Esta investigación se realizó con el afán de promover nuevas tecnologías de construcción, tratando de esta manera ayudar a nuestra realidad, contribuyendo de esta manera en beneficiar a sectores de nuestra nación.

No maleficencia: No se busca con esta investigación el generar ningún daño puesto al usar cenizas producidas por combustión artesanal, más al contrario quizás en el futuro generar una industria de este material sustituyente.

Autonomía: Esta investigación es de propia autoría con el propósito de querer brindar alternativas de sustitución o adición, a la tecnología de materiales.

Justicia: Es justo reconocer que esta investigación tuvo toda la ayuda por parte de las universidades con las que se necesitó aportes, así como de la búsqueda de información, tanto en los antecedentes, como en la bibliografía.

Además, enfatizar que todos los ensayos realizados cuentan con la certificación de calidad que expresa de esta investigación como proba y legítima.

IV. RESULTADOS

En esta etapa se desarrollaron los estudios de las propiedades físico mecánicas de los agregados, conforme a las NTP y normas internacionales, con relación a un concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$.

Contenido de humedad ASTM C566, NTP 339.185

Tabla 4. Contenido de humedad agregado fino

Recipiente N°		14	44
1	Masa de recipiente + suelo húmedo (gr)	1,062.50	1,048.00
2	Masa de recipiente + suelo seco (gr)	1,012.60	999.20
3	Masa de recipiente (gr)	167.70	169.70
4	Masa de agua (1) - (2) (gr)	49.90	48.80
5	Masa de suelo seco (2) - (3) (gr)	844.90	829.50
6	Contenido de Humedad (4/5) x 100 (%)	5.91	5.88
7	Humedad promedio	5.89%	

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos de dos muestras se obtiene un contenido humedad promedio de 5.89%, esto indica que el agregado fino se encuentra en los parámetros aceptables para un correcto diseño de mezcla.

Tabla 5. Contenido de humedad agregado grueso

Recipiente N°		10	30
1	Masa de recipiente + suelo húmedo (gr)	1,521.00	1,484.00
2	Masa de recipiente + suelo seco (gr)	1,501.60	1,463.30
3	Masa de recipiente (gr)	170.20	168.10
4	Masa de agua (1) - (2) (gr)	19.40	20.70
5	Masa de suelo seco (2) - (3) (gr)	1,331.40	1,295.20
6	Contenido de Humedad (4/5) x 100 (%)	1.46	1.60
7	Humedad promedio	1.53%	

Fuente: Elaboración propia

Al igual que el agregado fino, de los resultados de dos muestras se obtiene un contenido de humedad promedio de 1.53%, lo que indica que el agregado grueso se encuentra en los parámetros aceptables para un correcto diseño de mezcla.

Gravedad específica y absorción del agregado fino NTP 400.021, 400.022 y ASTM C127, ASTM C128

A	Masa de material saturado superficialmente seco en aire (gr)	
B	Masa del picnómetro + agua (gr)	
C	A + B (gr)	
D	Masa del material + agua en el frasco (gr)	
E	Volumen de masa + volumen de vacíos	= C - D
F	Masa de material seco en horno (110 °C) (gr)	
G	Volumen	= E – (A – F)
	Masa específica suelta seca	= F/E
	Masa específica suelta saturada)	= A/E
	Masa específica aparentemente seca	= A/E
	Porcentaje de Absorción (%)	= ((A – F)/F) x 100

Tabla 6. Ensayo de gravedad específica y absorción del agregado fino

IDENTIFICACION			# 49
A	Masa Material Saturado Superficialmente Seco (gr)	(en aire)	300.00
B	Masa frasco + agua (gr)		669.90
C	Masa frasco + agua + Masa Saturada Superficialmente Seca (gr)	= A + B	969.90
D	Masa del material + agua en el frasco (gr)		857.60
E	Volumen de masa + Volumen de vacíos	= C - D	112.30
F	Masa de material seca en horno (gr)	(110° C)	296.00
G	Volumen	= E - (A - F)	108.30
	Masa específica suelta seca gr/cc	= F / E	2.64
	Masa específica suelta saturada gr/cc	= A / E	2.67
	Masa específica aparentemente seca gr/cc	= F / G	2.73
	Porcentaje de absorción %	=(A-F)/F)x 100	1.35

Fuente: Elaboración Propia

Siempre se trabaja lo más rápido posible evitando que la humedad del saturado superficialmente seco se modifique, habiéndose realizado de esa manera se obtiene que la gravedad específica es de 2.64 gr/cc y su porcentaje de absorción es de 1.35%.

Gravedad específica y absorción del agregado grueso NTP 400.021, 400.022 y ASTM C127, ASTM C128

A	Masa de material saturado superficialmente seco en aire	(gr)
B	Masa de material saturado superficialmente seco en agua	(gr)
C	Volumen de masa + volumen de vacíos	= A – B
D	Masa de material seco en horno (105 °C)	(gr)
E	Volumen de masa	= C – (A – D)
	Masa específica suelta saturada)	= A/C
	Porcentaje de Absorción (%)	= ((A – D) /D) x 100

Tabla 7. Ensayo de gravedad específica y absorción del agregado grueso

IDENTIFICACION			# 39	# 17	# 19
A	Masa de Material Saturado Superficialmente Seco (gr)	(en aire)	1,265.50	955.50	1,112.50
B	Masa de Material Saturado Superficialmente Seco (gr)	(en agua)	789.40	593.60	690.90
C	Volumen de masa / Volumen de vacíos	= A - B	476.10	361.90	421.60
D	Masa de material seco en horno (gr)	(105° C)	1,251.80	945.90	1,101.70
E	Volumen de masa	= C - (A-D)	462.40	352.30	410.80
	Masa específica suelta seca gr/cc	= D / C	2.63	2.61	2.61
	Masa específica suelta saturada gr/cc	= A / C	2.66	2.64	2.64
	Masa específica aparentemente seca gr/cc	= D / E	2.71	2.68	2.68
	Porcentaje de absorción (%)	= ((A - D) / D) x 100	1.09	1.01	0.98

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla, se tienen los valores promedios del ensayo de gravedad específica y absorción del agregado grueso.

Tabla 8. Resultado promedio de gravedad específica y absorción del agregado grueso

Gravedad específica y absorción	
Masa específica suelta seca gr/cc	2.62
Masa específica suelta saturada gr/cc	2.65
Masa específica aparentemente seca gr/cm	2.69
Porcentaje de absorción %	1.03

Fuente: Elaboración Propia

Habiéndose realizado el ensayo en tres ocasiones tal como lo recomiendan las NTP se obtiene que la gravedad específica es de 2.62 gr/cc y su porcentaje de absorción es de 1.03%.

Peso unitario del agregado ASTM C29 y NTP 400.017

Estas fórmulas se aplican para el peso unitario seco suelto, como para el peso seco compactado; realizando tres ensayos por cada muestra y promediadas tratando de conseguir resultados confiables.

Peso de molde	PM
Volumen de molde	VM
Peso de molde + agregado	PT
Peso de agregado	$PA = PT - PM$
Peso unitario de agregado	$P.U = PA/VM$

Tabla 9. Peso unitario suelto del agregado fino

Descripción	Peso Unitario Seco Suelto (PUSS)			
	I	II	III	Promedio
Muestra N°				
Peso de molde + agregado	7,585.00	7,570.00	7,590.00	7,581.67
Peso del molde	3,420.00	3,420.00	3,420.00	3,420.00
Peso del material	4,165.00	4,150.00	4,170.00	4,161.67
Volumen del molde	2,776.00	2,776.00	2,776.00	2,776.00
Peso unitario	1.50	1.49	1.50	1.50
Fuente: Elaboración Propia				1,499.16

Como se observa el peso unitario suelto del agregado fino es de 1.50 pero para cálculos posteriores en el diseño de mezcla se le multiplica por 1000 haciendo que el valor quede en 1499.16 kg/m³.

Tabla 10. Peso unitario compactado del agregado fino

Descripción	Peso Unitario Seco Compactado (PUSC)			
Muestra N°	I	II	III	Promedio
Peso de molde + agregado	8,110.00	8,120.00	8,115.00	8,115.00
Peso del molde	3,420.00	3,420.00	3,420.00	3,420.00
Peso del material	4,690.00	4,700.00	4,695.00	4,695.00
Volumen del molde	2,776.00	2,776.00	2,776.00	2,776.00
Peso unitario	1.69	1.69	1.69	1.69
Fuente: Elaboración Propia				1,691.28

De la misma manera, el peso unitario compactado del agregado fino que obtiene un valor de 1.69 es multiplicado por 1000 haciendo que el valor quede en 1691.28 kg/m³.

Tabla 11. Peso unitario del agregado grueso

Descripción	Peso Unitario Seco Suelto (PUSS)			
Muestra N°	I	II	III	Promedio
Peso de material + molde	30,535.00	30,510.00	30,540.00	30,528.33
Peso del molde	7,460.00	7,460.00	7,460.00	7,460.00
Peso del material	23,075.00	23,050.00	23,080.00	23,068.33
Volumen del molde	13,724.00	13,724.00	13,724.00	13,724.00
Peso unitario	1.68	1.68	1.68	1.68
Fuente: Elaboración Propia				1,680.88

De la misma manera, el peso unitario suelto del agregado grueso que tiene un valor de 1.68 es multiplicado por 1000 haciendo que el valor quede en 1680.88 kg/m³.

Tabla 12. Peso unitario compactado del agregado grueso

Descripción	Peso Unitario Seco Compactado (PUSC)			
Muestra N°	I	II	III	Promedio
Peso de material + molde	31,380.00	31,385.00	31,395.00	31,386.67
Peso del molde	7,460.00	7,460.00	7,460.00	7,460.00
Peso del material	23,920.00	23,925.00	23,935.00	23,926.67
Volumen del molde	13,724.00	13,724.00	13,724.00	13,724.00
Peso unitario	1.74	1.74	1.74	1.74
Fuente: Elaboración Propia				1,743.42

De la misma manera, el peso unitario compactado del agregado grueso que tiene un valor de 1.74 es multiplicado por 1000 haciendo que el valor quede en 1743.42 kg/m³. Así cada uno de estos valores nos ayudarán a determinar la proporción en volumen en la relación agua / cemento.

Granulometría ASTM C136, ASTM C33 y NTP 400.012, NTP 400.037

Granulometría de los agregados grueso y fino:

Tabla 13. Granulometría del agregado grueso

Tamiz	Abertura malla	Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje que Pasa
N°	(mm)	(gr)	(Parcial)	(Acumulado)	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	2,794.00	11.26	11.26	88.74
3/4"	19.00	4,529.50	18.25	29.51	70.49
1/2"	12.50	6,780.00	27.32	56.83	43.17
3/8"	9.50	4,005.00	16.14	72.96	27.04
N° 4	4.75	5,664.50	22.82	95.79	4.21
FONDO		1,045.50	4.21	100.00	0.00
TOTAL		24,818.50	100.00		

Fuente: Elaboración propia

TM= 1 1/2"

TMN= 1"

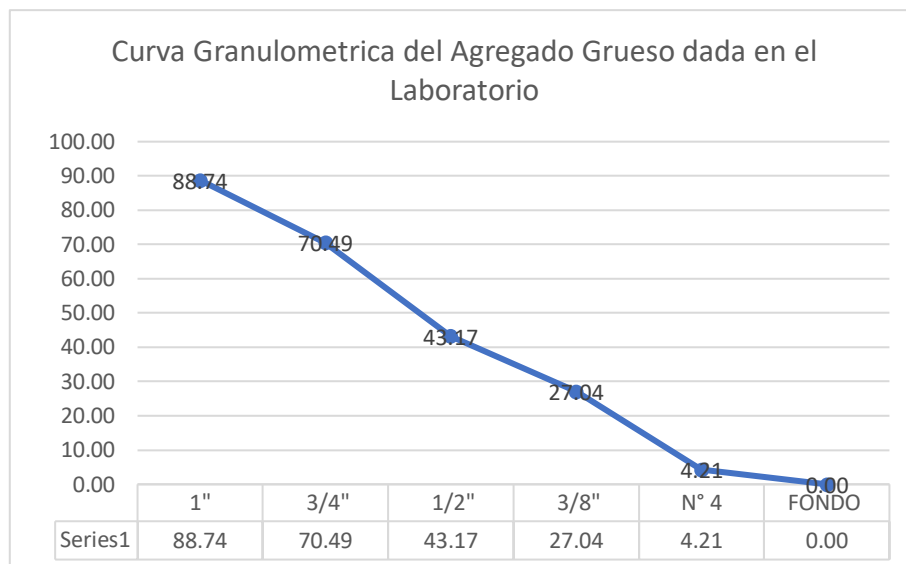


Figura 9. Curva granulométrica de agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al tipo de concreto que estamos diseñando que es de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y que usualmente es para ciertos elementos se llega a tomar $TM = 1 \frac{1}{2}"$ y por ende el $TMN = 1"$, en base a estos datos es que se realiza esta granulometría y se observa que la gradación de la muestra es uniforme.

Tabla 14. Granulometría del agregado fino

Tamiz	Abertura malla	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (Parcial)	Porcentaje Retenido (Acumulado)	Porcentaje que Pasa
N°	(mm)				
# 4	4.75	0.00	0.00	0.00	0.00
# 8	2.36	401.00	20.05	20.05	79.95
# 16	1.18	498.00	24.90	44.95	55.05
# 30	0.60	399.00	19.95	64.90	35.10
# 50	0.30	305.00	15.25	80.15	19.85
# 100	0.15	143.00	7.15	87.30	12.70
# 200	0.08	57.00	2.85	90.15	9.85
FONDO		197.00	9.85	100.00	0.00
TOTAL		2,000.00			

Fuente: Elaboración propia

$$Mf = \frac{\% \text{ Retenido Acumulado}}{100} = \frac{2.97}{100}$$

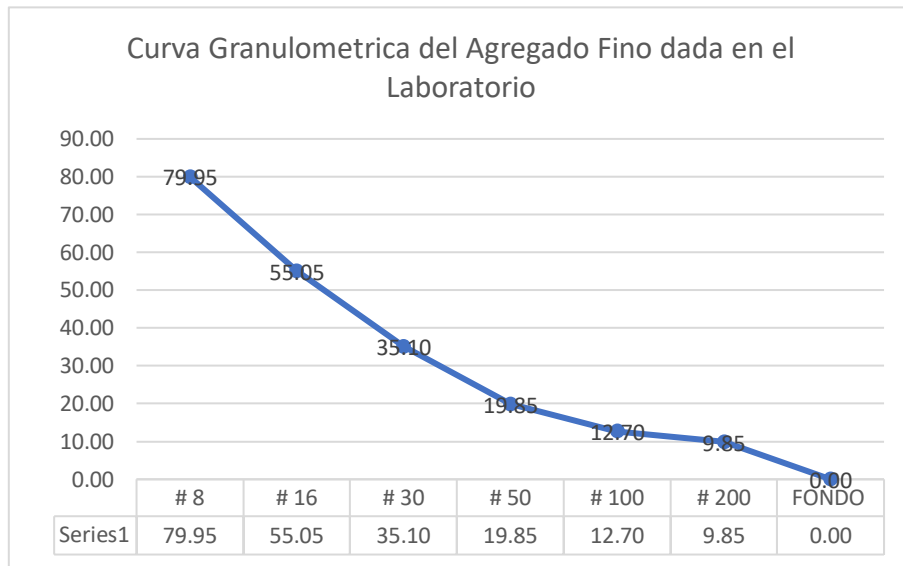


Figura 10. Curva granulométrica del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el análisis granulométrico la obtención del MF = 2.97 está entre los parámetros para el diseño de mezcla haciendo que tenga una buena gradación tal y como se muestra en la curva granulométrica.

Espectrometría de fluorescencia de rayos X de la ceniza de eucalipto.

Según Pérez (2017) que, de acuerdo al análisis de espectrometría de fluorescencia en la ceniza de eucalipto, registran muchos componentes que se encuentran en el cemento (p. 37).

Tabla 15. Composición química de las cenizas de eucalipto método rayos X

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de calcio	64.66%	ESPECTROMETRÍA DE ENERGIA DISPERSA (EDS)
Dióxido de silicio	15.92%	
Trióxido de azufre	9.98%	
Óxido de magnesio	5.35%	
Óxido de manganeso	1.78%	

Trióxido de aluminio	1.31%
Trióxido de hierro	0.62%
Óxido de bario	0.34%
Pentóxido de fosforo	0.19%
Óxido de zinc	0.02%
Óxido de cobre	0.02%
Trióxido de cromo	0.01%

Fuente: Pérez Mantilla (2017)

Según los datos de la tabla se puede determinar que los componentes de la ceniza son similares al cemento, por lo tanto, es factible el sustituir en porcentajes parciales al cemento, para comprobar el comportamiento y bondades que tiene la ceniza en las mezclas de concreto, que para este caso es de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$.

Procedimientos previos al diseño de mezcla: En esta siguiente etapa luego de haber realizado los estudios previos al agregado grueso y fino, se realizan los siguientes cálculos previos al diseño de mezcla:

Tabla 16. Resistencia promedio requerida

Resistencia especifica $f'c= (\text{kg/cm}^2)$	Resistencia requerida $f'c= (\text{kg/cm}^2)$
Menor a 210	$f'cr = f'c + 70$
210 - 350	$f'cr = f'c + 85$
$f'c > 350$	$f'cr = 1.10 \times f'c + 50$

Fuente: Elaboración propia

La investigación requiere de una resistencia especifica $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, al ser menor de 210 Kg/cm^2 se le sumó 70, dando la resistencia requerida $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$, con este valor es que se hicieron los cálculos para el diseño de mezcla.

Tabla 17. Relación Agua / Cemento

f'c a 28 días (kg/cm ²)	Relación Agua / Cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
250	0.61	0.52
245	0.618	
200	0.69	0.6

Fuente: Elaboración propia

Para un $f'_{cr}=245$ Kg/cm², sin aire incorporado el valor de la relación a/c es de 0.618.

Tabla 18. Volumen unitario de agua (VUA)

Slump			Tamaño Máximo del agregado				
			1/2	3/4	1	1 1/2	2
Concreto sin aire incorporado							
1"	@	2"	199	190	179	166	154
3"	@	4"	216	205	193	181	169
6"	@	6"	228	216	202	190	160
% Aire atrapado			2.5	2	1.5	1	0.5

Fuente: Elaboración propia

Para un TM de agregado de 1", con un Slump de 3" @ 4" el valor correspondiente es de 193 y 1.5% de aire atrapado.

Tabla 19. Volumen de agregado grueso (VAG) compactado en seco por metro cúbico de concreto

Tamaño Máximo del agregado	Volumen de agregado grueso compactado seco para módulos de fineza en la arena						
	2.4		2.6		2.8	2.97	3
3/4	0.66		0.64		0.62		0.6
1"	0.71		0.69		0.67	0.653	0.65
1 1/2	0.75		0.73		0.71		0.69

Fuente: Elaboración propia

Para un MF= 2.97, y un TM de agregado de 1" tabulando los datos se tiene el valor de 0.653.

Diseño de mezcla ACI 211.1: para el concreto patrón y los concretos con sustituciones de 2%, 3% y 5% de ceniza de eucalipto por cemento, se realizaron las siguientes actividades:

Especificaciones de diseño

Método: **ACI 211.1**
Resistencia los 28 días: 175 kg/cm²

Características de los materiales

A). Cemento

Tipo: I	
P.e	3.15

B). Agua Potable

C). Características físicas del agregado

Agregado fino	
P.e	2.64
PUSS	1499.16
PUSC	1691.28
CH	0.06
Abs	1.35
MF	2.97

Agregado grueso	
P.e	2.62
PUSS	1680.88
PUSC	1743.42
CH	0.02
Abs	1.03

Resistencia Promedio

Para un °C f'c =	175	+	70
f'cr =	245	Kg/cm ²	

Ingreso de datos según características de los agregados

Resistencia f'cr	245	Kg/cm ²
TM Agregado	1"	
SLUMP	3"@ 4"	
Volumen Unitario de Agua (VUA)	193	Lt/m ³
Contenido de Aire	1.5	%

Relación Agua/Cemento a/c

Para f'c= 245 Kg/cm²

Rango f'c	Rango a/c
200	0.69
245	0.618
250	0.61
a/c =	0.618

Cálculo del factor cemento F.C

$$\frac{\text{VUA}}{\text{a/c}} = 312.30 \text{ Kg/m}^3$$

1 bolsa de cemento 42.5 Kg

$$\text{F.C} = 7.35 \text{ Bol/m}^3$$

Volumen de Agregado Grueso (VAG) y Peso del Agregado Grueso (PAG)

Para MF= 2.97

TMN = 1"

3	0.65
2.97	0.653
2.8	0.67

VAG =	0.653	m ³
-------	-------	----------------

Peso del Agregado Grueso

$$PAG = VAG \times PUSS = 1097.02$$

Cálculo de Volúmenes Absolutos

Cemento =	$\frac{F.C}{P.e \times 1000}$	=	0.099 m ³
Agua =	$\frac{VUA}{1000}$	=	0.193 m ³
Aire Atrapado =	1.50%	=	0.015 m ³
Agregado Grueso =	$\frac{PAG}{P.e \times 1000}$	=	0.419 m ³
	Σ	=	<u>0.726 m³</u>

Contenido de Agregado Fino CAF

$$CAF = 1 - S = 0.274 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso Agregado Fino PAF} = CAF \times P.e \times 1000 = 722.05 \text{ Kg/m}^3$$

Resultados de valores de diseño

Cemento	c	=	312.30	Kg/m ³
Agua de Diseño	a	=	193	Lit/m ³
Agregado Grueso seco	AGS	=	1097.02	m ³
Agregado Fino Seco	AFS	=	722.05	m ³

Corrección por humedad del agregado

Ag. Grueso	$AGS \times (1 + (CH/100))$	=	1097.19 Kg/m ³
Ag. Fino	$AFS \times (1 + (CH/100))$	=	722.48 Kg/m ³

* Humedad Superficial

Ag. Grueso	CH - Abs	=	-1.01 %
Ag. Fino	CH - Abs	=	-1.29 %

* Aporte de Humedad de los Agregados

Ag. Grueso	=	-11.13 Kg
Ag. Fino	=	-9.34 Kg
		<u>-20.47 Kg</u>

Agua efectiva	=	213.47 Lit/m ³
---------------	---	---------------------------

* Los pesos de los materiales corregidos por m³ son:

Cemento	=	312.30 Kg/m³
Agua efectiva	=	213.47 Lit/m³
Agregado fino	=	722.48 Kg/m³
Agregado grueso	=	1097.19 Kg/m³
		<u>2,345.43</u>

Proporción en peso

Por cada bolsa

Cemento	$\frac{312.30}{312.30}$	=	1
Agregado Fino	$\frac{722.48}{312.30}$	=	2.31
Agregado Grueso	$\frac{1097.19}{312.30}$	=	3.51
Agua	$\frac{213.469}{312.30}$	=	29.05

Proporción en volumen

cálculos:

1 pie³: 35.32

1 bolsa cemento: 42.5 Kg

Agregado Fino	
PUSS	1499.16
CH	0.06
1,500.04	

Agregado Grueso:	
PUSS	1680.88
CH	0.02
1,681.13	

Peso por pie cúbico:

Fino	=	42.47	kg/pie ³
Grueso	=	47.60	kg/pie ³
Cemento	=	1	1 bolsa
Fino	=	2.32	
Grueso	=	3.14	
Agua	=	29.05	

Resumen

Tabla 20. Proporción a/c en seco

Proporción a/c en peso		Proporción a/c en pie ³	
Cemento	1	Cemento	1
Ag. Fino	2.31	Ag. Fino	2.32
Ag. Grueso	3.51	Ag. Grueso	3.14
Agua	29.05	Agua	29.05

CÁLCULO DE VOLUMENES POR PROBETA

Cálculo de Volumen de Probeta

Diamet. de probeta	=	0.15	m
Radio de probeta	=	0.075	m
Altura de probeta	=	0.30	m

Volumen de probeta	=	0.0053 m ³
Vol. 36 p		0.19
Peso de Probeta	=	13.00 kg

Tabla 21. Peso de la probeta + 20% de desperdicio

15.6 kg

Cemento	=	2.08 Kg
Agua efectiva	=	1.42 Kg
Agregado fino	=	4.81 Kg
Agregado grueso	=	7.30 Kg
TOTAL	=	15.60 Kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Peso de material para 9 probetas patrón

9 Und.

Cemento	=	18.69 Kg
Agua efectiva	=	12.78 Kg
Agregado fino	=	43.25 Kg
Agregado grueso	=	65.68 Kg
TOTAL	=	140.40 Kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Peso de material para 9 probetas con sustitución de ceniza al 2%

9 Und.

2%

Ceniza	=	0.37 Kg
Cemento Parcial	=	18.32 Kg
Agua efectiva	=	12.78 Kg
Agregado fino	=	43.25 Kg
Agregado grueso	=	65.68 Kg
TOTAL	=	140.40 Kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Peso de material para 9 probetas con sustitución de ceniza al 3%

9 Und.		3%
Ceniza	=	0.56 Kg
Cemento Parcial	=	18.13 Kg
Agua efectiva	=	12.78 Kg
Agregado fino	=	43.25 Kg
Agregado grueso	=	65.68 Kg
TOTAL	=	140.40 Kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Peso de material para 9 probetas con sustitución de ceniza al 5%

9 Und.		5%
Ceniza	=	0.93 Kg
Cemento Parcial	=	17.76 Kg
Agua efectiva	=	12.78 Kg
Agregado fino	=	43.25 Kg
Agregado grueso	=	65.68 Kg
TOTAL	=	140.40 Kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Peso total de material en 36 probetas: 9 patrones + 27 con sustitución

Ceniza	=	1.87 Kg
Cemento Parcial	=	54.21 Kg
Agua efectiva	=	51.11 Kg
Agregado fino	=	172.99 Kg
Agregado grueso	=	262.72 Kg
TOTAL	=	542.91 Kg

Fuente: Elaboración propia

Ensayo de resistencia a compresión

- Se tomaron las medidas de cada uno de los cilindros, siendo estas de 15 cm de diámetro con 30 cm de altura.
- se colocaron las probetas de una en una sobre la base inferior de la máquina de compresión cuidadosamente alineada al eje de la misma, se aplicó la carga hasta el fallo, registrando la carga aplicada en ella en kilogramos.

Resistencia a compresión de 7 días de curado

Tabla 27. Resistencia a compresión para concreto patrón 7 días

N°	Elemento	Carga	Edad	Resistencia	Fc/F'c
		kg	Días	Kg/cm ²	(%)
1	CP N° 1	33690	7	190.65	108.94
2	CP N° 2	37270	7	210.91	120.52
3	CP N° 3	43410	7	245.65	140.37
PROMEDIO				215.73	123.28

Fuente: Elaboración propia

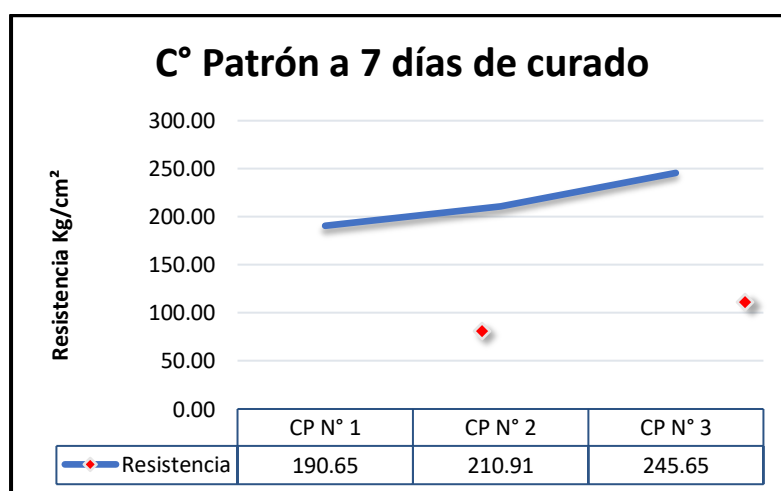


Figura 11. Curva de resultados del concreto patrón a los 7 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Resistencia a compresión con sustitución al 2% a 7 días

N°	ELEMENTO	CARGA	EDAD	F'c	FC/F'c
		kg	DÍAS	Kg/cm ²	(%)
4	C + 2% Cz N° 1	27510	7	155.67	88.96
5	C + 2% Cz N° 2	28530	7	161.45	92.26
6	C + 2% Cz N° 3	30890	7	174.80	99.89
PROMEDIO				163.97	93.70

Fuente: Elaboración propia

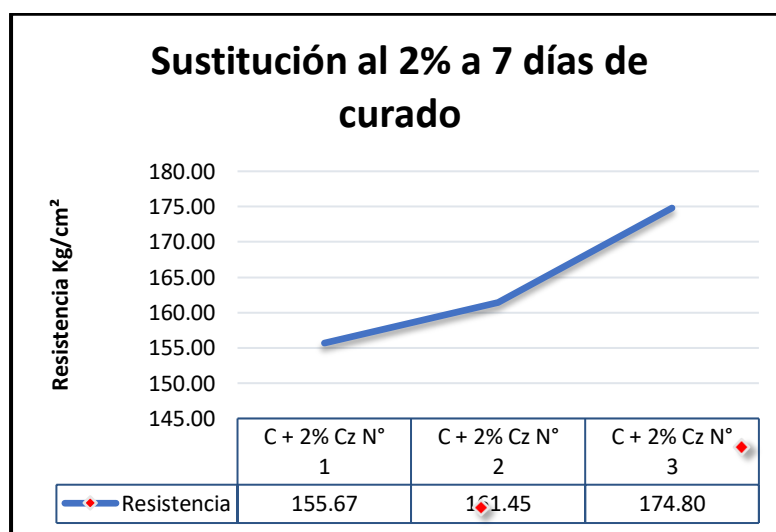


Figura 12. Curva de resultados del concreto con 2% a los 7 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Resistencia a compresión con sustitución al 3% a 7 días

N°	ELEMENTO	CARGA	EDAD	F'c	FC/F'c
		kg	DÍAS	Kg/cm ²	(%)
7	C + 3% Cz N° 1	30270	7	171.29	97.88
8	C + 3% Cz N° 2	33930	7	192.00	109.72
9	C + 3% Cz N° 3	34980	7	197.95	113.11
PROMEDIO				187.08	106.90

Fuente: Elaboración propia

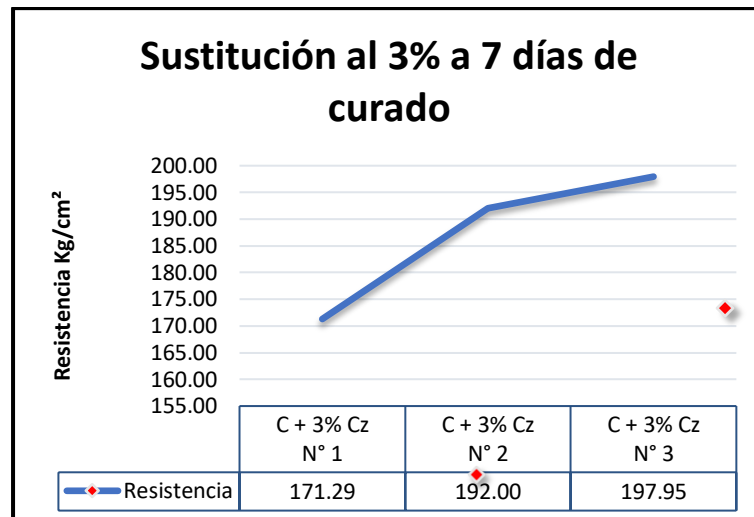


Figura 13. Curva de resultados del concreto con 3% a los 7 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Resistencia a compresión con sustitución al 5% a 7 días

N°	ELEMENTO	CARGA	EDAD	F'c	FC/F'c
		kg	DÍAS	Kg/cm²	(%)
10	C + 5% Cz N° 1	17910	7	101.35	57.91
11	C + 5% Cz N° 2	18320	7	103.67	59.24
12	C + 5% Cz N° 3	18850	7	106.67	60.95
PROMEDIO				103.90	59.37

Fuente: Elaboración propia

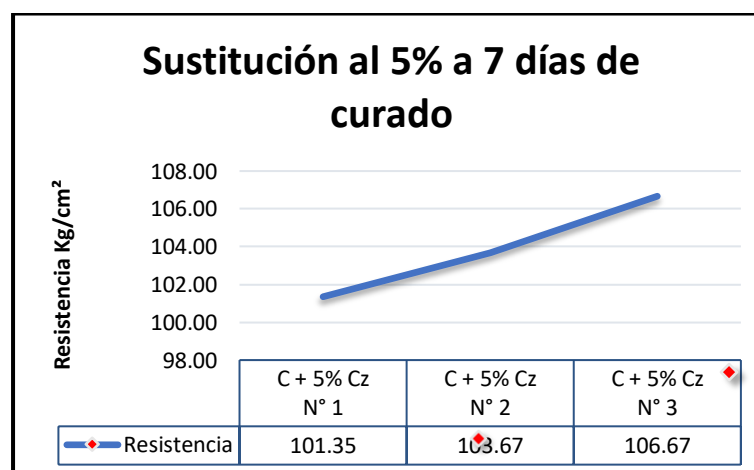


Figura 14. Curva de resultados del concreto con 5% a los 7 días

Fuente: Elaboración propia

Por lo que se observa la sustitución de 2% es la que llega a tener una mayor cercanía al concreto patrón, pero aún muy alejado de la resistencia requerida.

Resistencia a compresión de 14 días de curado

Tabla 31. Resistencia a compresión para concreto patrón 14 días

N°	ELEMENTO	CARGA	EDAD	F'c	FC/F'c
		kg	DÍAS	Kg/cm ²	(%)
13	CP N° 4	41450	14	234.56	134.03
14	CP N° 5	41930	14	237.28	135.59
15	CP N° 6	43500	14	246.16	140.66
PROMEDIO				239.33	136.76

Fuente: Elaboración propia

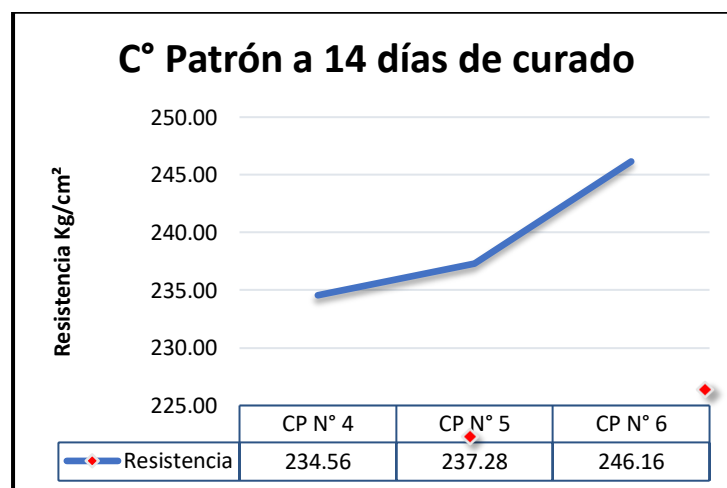


Figura 15. Curva de resultados del concreto patrón a los 14 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Resistencia a compresión con sustitución al 2% a 14 días

N°	ELEMENTO	CARGA	EDAD	F'c	FC/F'c
		kg	DÍAS	Kg/cm ²	(%)
16	C + 2% Cz N° 4	34330	14	194.27	111.01
17	C + 2% Cz N° 5	36070	14	204.11	116.64
18	C + 2% Cz N° 6	39550	14	223.81	127.89
PROMEDIO				207.40	118.51

Fuente: Elaboración propia

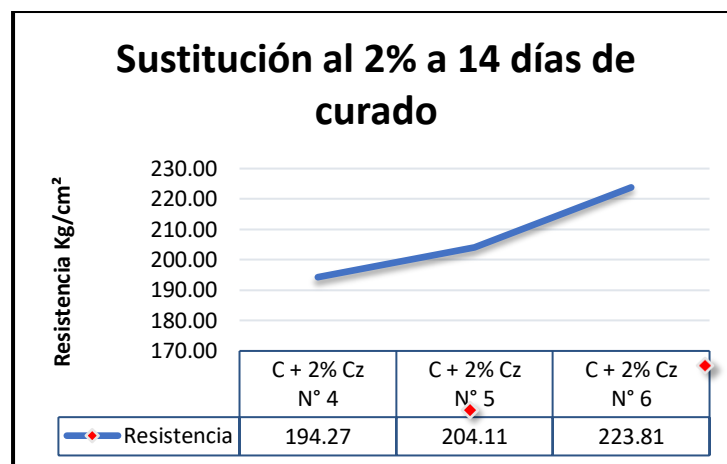


Figura 16. Curva de resultados del concreto con 2% a los 14 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Resistencia a compresión con sustitución al 3% a 14 días

N°	ELEMENTO	CARGA	EDAD	F'c	FC/F'c
		kg	DÍAS	Kg/cm ²	(%)
19	C + 3% Cz N° 4	37160	14	210.28	120.16
20	C + 3% Cz N° 5	42320	14	239.48	136.85
21	C + 3% Cz N° 6	42980	14	243.22	138.98
PROMEDIO				230.99	132.00

Fuente: Elaboración propia

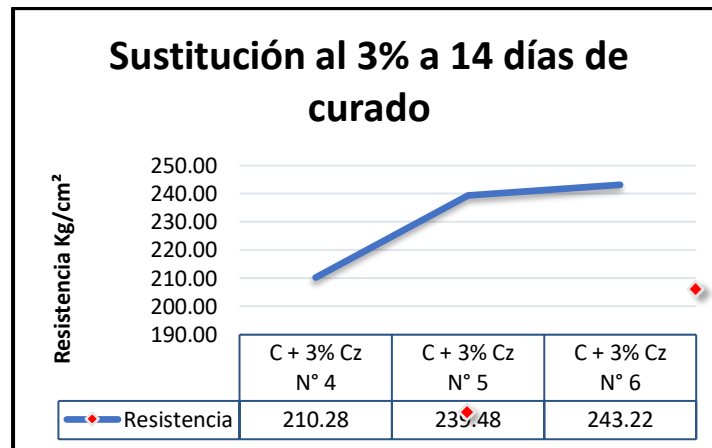


Figura 17. Curva de resultados del concreto con 3% a los 14 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Resistencia a compresión con sustitución al 5% a 14 días

N°	ELEMENTO	CARGA	EDAD	F'c	FC/F'c
		kg	DÍAS	Kg/cm²	(%)
22	C + 5% Cz N° 4	37860	14	214.24	122.43
23	C + 5% Cz N° 5	44750	14	253.23	144.70
24	C + 5% Cz N° 6	44970	14	254.48	145.42
PROMEDIO				240.65	137.52

Fuente: Elaboración propia

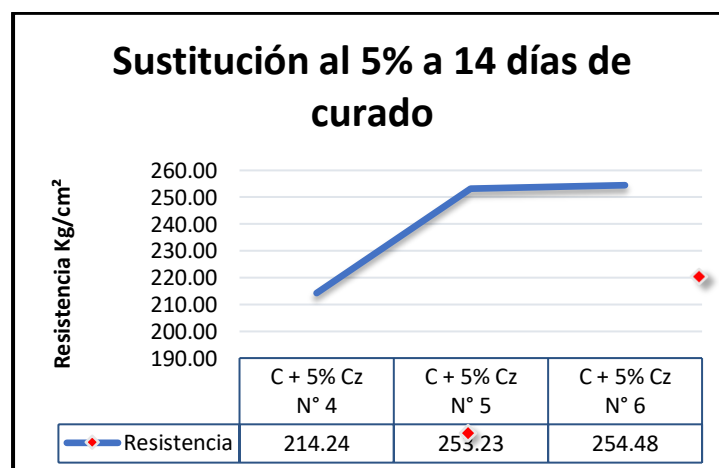


Figura 18. Curva de resultados del concreto con 5% a los 14 días

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia a diferencia del concreto curado a los 7 días, en este ensayo se puede observar que la sustitución de 2% permanece alejado de la resistencia requerida, pero la de 3% tiene un cierto alcance y la de 5% sobrepasa ligeramente la resistencia.

Resistencia a compresión de 28 días de curado

Tabla 35. Resistencia a compresión para concreto patrón 28 días

N°	ELEMENTO	CARGA	EDAD	F'c	FC/F'c
		kg	DÍAS	Kg/cm ²	(%)
25	CP N° 7	53620	28	303.43	173.39
26	CP N° 8	57920	28	327.76	187.29
27	CP N° 9	64030	28	362.34	207.05
PROMEDIO				331.17	189.24

Fuente: Elaboración propia

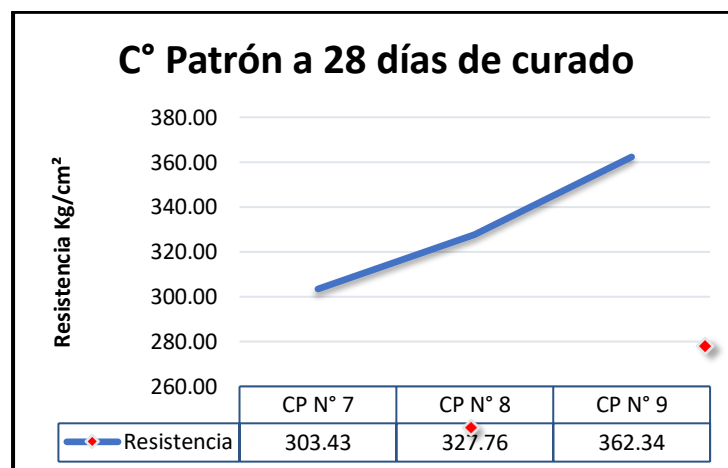


Figura 19. Curva de resultados del concreto patrón a los 28 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Resistencia a compresión con sustitución al 2% a 28 días

N°	ELEMENTO	CARGA	EDAD	F'c	FC/F'c
		kg	DÍAS	Kg/cm ²	(%)
28	C + 2% Cz N° 7	42670	28	241.46	137.98
29	C + 2% Cz N° 8	47890	28	271.00	154.86
30	C + 2% Cz N° 9	53480	28	302.63	172.93
PROMEDIO				271.70	155.26

Fuente: Elaboración propia

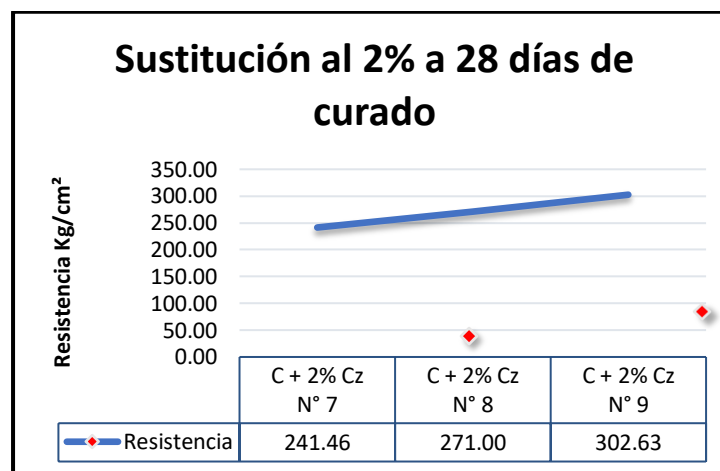


Figura 20. Curva de resultados del concreto con 2% a los 28 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Resistencia a compresión con sustitución al 3% a 28 días

N°	ELEMENTO	CARGA	EDAD	F'c	FC/F'c
		kg	DÍAS	Kg/cm ²	(%)
31	C + 3% Cz N° 7	48760	28	275.93	157.67
32	C + 3% Cz N° 8	55400	28	313.50	179.14
33	C + 3% Cz N° 9	57040	28	322.78	184.45
PROMEDIO				304.07	173.75

Fuente: Elaboración propia

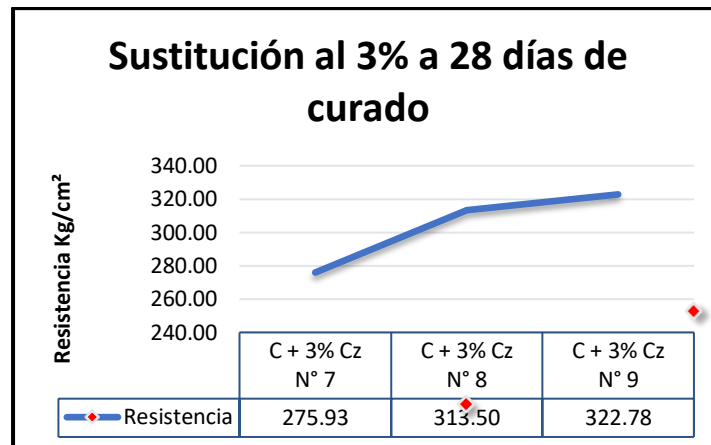


Figura 21. Curva de resultados del concreto con 3% a los 28 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Resistencia a compresión con sustitución al 5% a 28 días

N°	ELEMENTO	CARGA	EDAD	F'c	FC/F'c
		kg	DÍAS	Kg/cm²	(%)
34	C + 5% Cz N° 7	57540	28	325.61	186.06
35	C + 5% Cz N° 8	57990	28	328.16	187.52
36	C + 5% Cz N° 9	60330	28	341.40	195.08
PROMEDIO				331.72	189.56

Fuente: Elaboración propia

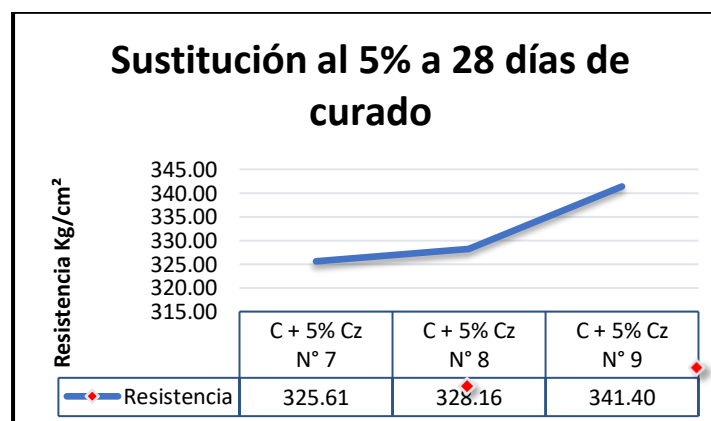


Figura 22. Curva de resultados del concreto con 5% a los 28 días

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia de igual manera que con el curado con 14 días, en este ensayo se puede observar que la sustitución de 2% permanece alejado de la resistencia requerida, la de 3% tiene un presenta un cierto retroceso y la de 5% nuevamente sobrepasa ligeramente la resistencia en 0.32%.

Recopilación de resultados de resistencias finales

Tabla 39. Resistencias finales del concreto patrón

N°	Edad	Resistencia Promedio	Fc/F'c
	Días	Kg/cm ²	(%)
1	7	215.73	123.28
2	14	239.33	136.76
3	28	331.17	189.24

Fuente: Elaboración propia

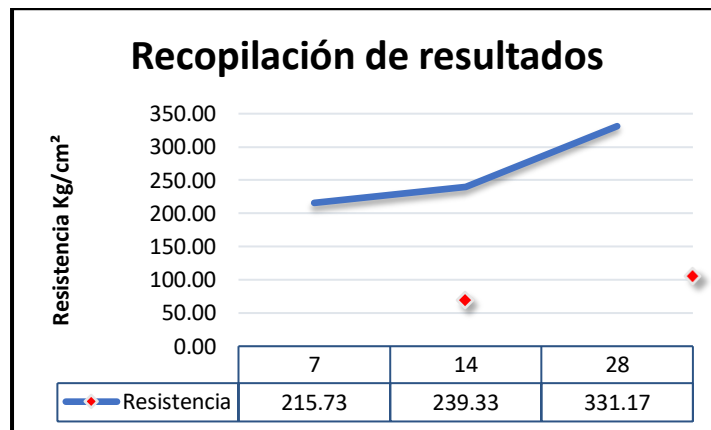


Figura 23. Curva de comportamiento del concreto patrón a los 7, 14 y 28 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Resistencias finales con sustitución de ceniza al 2%

N°	Edad	Resistencia promedio	Fc/F'c
	Días	Kg/cm ²	(%)
1	7	163.97	93.70
2	14	207.40	118.51
3	28	271.70	155.26

Fuente: Elaboración propia

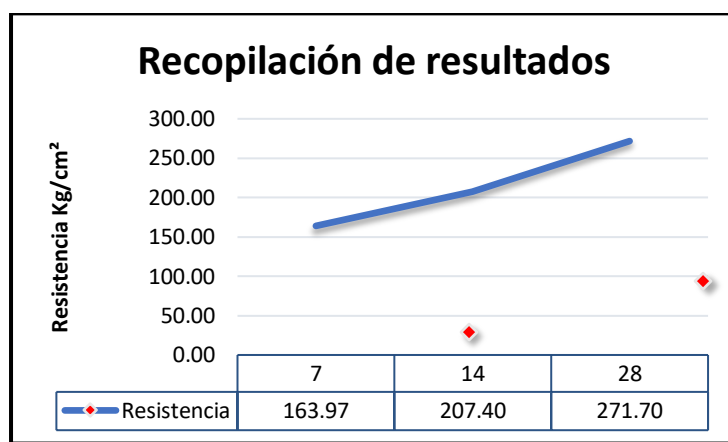


Figura 24. Curva de comportamiento del concreto con 2% a los 7, 14 y 28 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Resistencias finales con sustitución de ceniza al 3%

N°	Edad	Resistencia promedio	Fc/F'c
	Días	Kg/cm ²	(%)
1	7	187.08	106.90
2	14	230.99	132.00
3	28	304.07	173.75

Fuente: Elaboración propia

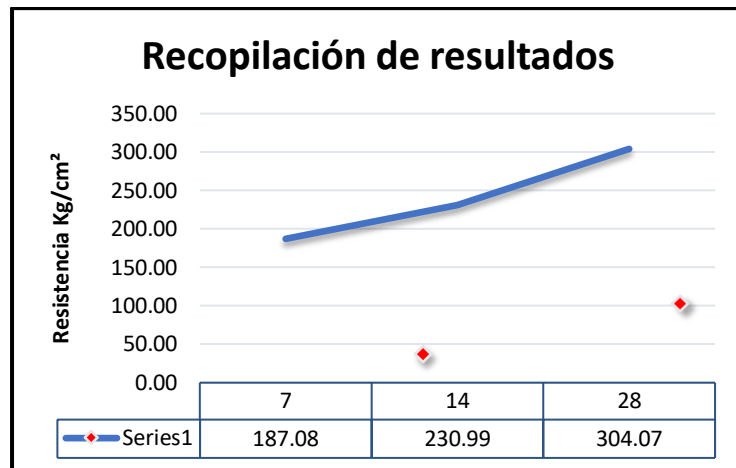


Figura 25. Curva de comportamiento del concreto con 3% a los 7, 14 y 28 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Resistencias finales con sustitución de ceniza al 5%

N°	Edad	Resistencia promedio	Fc/F'c
	Días	Kg/cm ²	(%)
1	7	103.90	59.37
2	14	240.65	137.52
3	28	331.72	189.56

Fuente: Elaboración propia

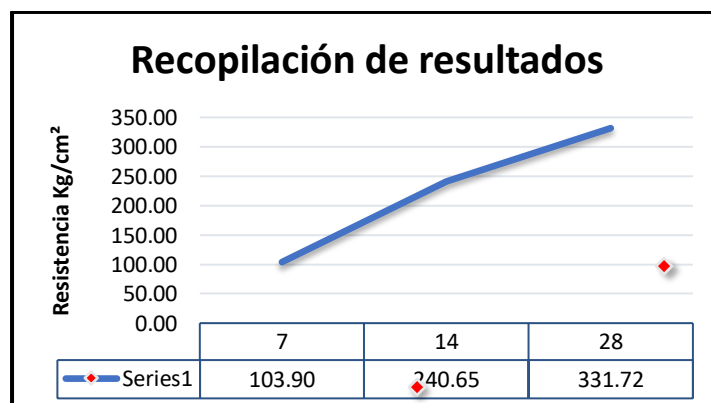


Figura 26. Curva de comportamiento del concreto con 5% a los 7, 14 y 28 días

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la figura, la sustitución de ceniza a un 5% tiene un crecimiento en la resistencia, y se podría decir que su endurecimiento en el tiempo será significativo.

Tabla 43. Cuadro comparativo de resistencia vs curado

N°	Edad	Patrón	2%	3%	5%
	Días	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	7	215.73	163.97	187.08	103.90
2	14	239.33	207.40	230.99	240.65
3	28	331.17	271.70	304.07	331.72

Fuente: Elaboración propia

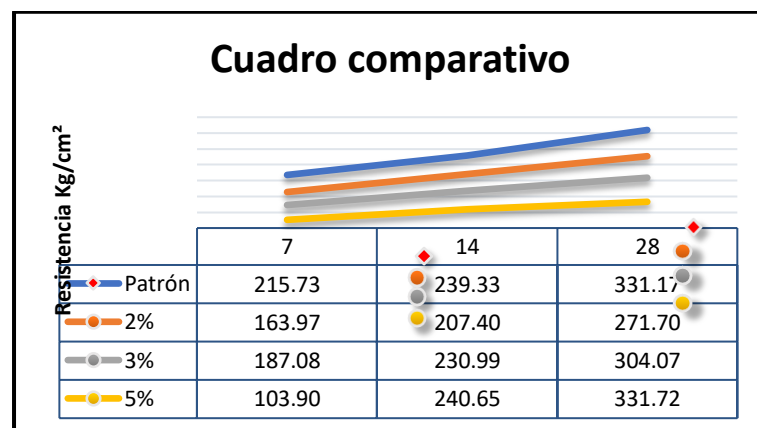


Figura 27. Curva comparativa de los concretos a los 7, 14 y 28 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44. Cuadro comparativo porcentual

N°	Edad	Patrón	2%	3%	5%
	Días	fc/f'c	fc/f'c	fc/f'c	fc/f'c
1	7	123.28	93.70	106.90	59.37
2	14	136.76	118.51	132.00	137.52
3	28	189.24	155.26	173.75	189.56

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo nuestra grafica de cuadro comparativo y los resultados individuales para cada sustitución con sus respectivos porcentajes se puede observar que la sustitución con 3% se acerca al porcentaje del concreto patrón y que la sustitución con 5% es la que más se asemeja a los 28 días de curado superando levemente al concreto patrón.

Contrastación de hipótesis

Teniendo en cuenta los valores obtenidos de los resultados de las resistencias a compresión se procedió a realizar las pruebas estadísticas, los valores están expresados en la Tabla 45.

Tabla 45. Consolidado de los resultados de la resistencia a compresión

CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE CENIZA					
Resistencia Mecánica a Compresión (Kg/cm ²)	Edad	Patrón	2%	3%	5%
	7 días	190.65	155.67	171.29	101.35
		210.91	161.45	192.00	103.67
		245.65	174.80	197.95	106.67
	14 días	234.56	194.27	210.28	214.24
		237.28	204.11	239.48	253.23
		246.16	223.81	243.22	254.48
	28 días	303.43	241.46	275.93	325.61
		327.76	271.00	313.50	328.16
		362.34	302.63	322.78	341.40

Fuente: Elaboración propia

La contrastación de los resultados se refleja a través de la prueba ANOVA donde se puede apreciar la significancia que se tuvo en las varianzas de los resultados de las probetas sometidas a resistencias a compresión, como se detalla en la Tabla 46, y la prueba Post Hoc en la Tabla 47, de cada uno de los resultados como resolución del coeficiente de confiabilidad.

Tabla 46. Análisis de Varianza ANOVA de una sola vía (ONEWAY)

Datos	Suma de Cuadrados	GL	Media Cuadrática	F	Significancia
Nivel	7266.661	3	2422.22	3.876	0.056
Error	4998.874	8	624.859		
Total	12265.534	11			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47. Prueba Post Hoc comparaciones múltiples de concretos patrón sustituciones.

Post Hoc = Alfa Tukey (0.05)

(I) Grupo	(J) Grupo	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Significancia	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite Superior
1	2	59.48000	20.41012	0.075	-5.8804	124.8404
	3	27.10667	20.41012	0.572	-38.2537	92.4670
	5	-0.54667	20.41012	1.000	-65.9070	64.8137
2	1	-59.48000	20.41012	0.075	-124.8404	5.8804
	3	-32.37333	20.41012	0.437	-97.7337	32.9870
	5	-60.02667	20.41012	0.072	-125.3870	5.3337
3	1	-27.10667	20.41012	0.572	-92.4670	38.2537
	2	32.37333	20.41012	0.437	-32.9870	97.7337
	5	-27.65333	20.41012	0.557	-93.0137	37.7070
4	1	0.54667	20.41012	1.000	-64.8137	65.9070
	2	60.02667	20.41012	0.072	-5.3337	125.3870
	3	27.65333	20.41012	0.557	-37.7070	93.0137

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la hipótesis donde se plantea que las sustituciones de ceniza en 2%, 3% y 5% mejora la resistencia a compresión; se observa que existe una ligera significancia con respecto al concreto patrón de 0.056 a comparación del alfa de Tukey de 0.05, esto podría demostrar que la sustitución de ceniza si puede ser sustituida por cemento en pocos porcentajes, tratando de cumplir las expectativas deseadas.

V. DISCUSIÓN

- 5.1.** En base al primer objetivo específico: caracterizar químicamente la ceniza de eucalipto; no existe mejor definición que los resultados obtenidos de los ensayos realizados a la ceniza y con su aporte haber determinado que para un determinado diseño de mezcla, y con la adecuada sustitución se puede tener un concreto de calidad, los investigadores mencionados en los antecedentes expresan que la adición o sustitución de cenizas y en particular la ceniza de eucalipto mejora las propiedades mecánicas del concreto, así como su comportamiento desde el estado fresco hasta el endurecido (fragua final), coincidiendo con el investigador citado, se da muestra de que la producción de ceniza de eucalipto, sería un aporte a nuestra economía local teniendo en cuenta de que las características químicas de la ceniza de eucalipto son similares al cemento.

Según Pérez (2017) tal y como se detalla en los antecedentes, la composición química que presenta la ceniza de eucalipto es muy similar a la del cemento tipo I con una variación de 2.36% en óxido de calcio y 8.78% en dióxido de silicio como se menciona en la Tabla 15, componentes principales del cemento, con respecto al PH de ambos materiales hay una variación porcentual de 0.5%. Si bien es cierto que realizar la producción de ceniza, sea cual fuere el material lleva a un cierto grado de contaminación, pero a diferencia de la elaboración industrial de cemento, esta es mucho menos contaminante, lo que se busca es tratar de ayudar a nuestro ecosistema a que tenga una mejor calidad, que las personas podamos gozar más de este planeta.

- 5.2.** En base al segundo objetivo específico: elaborar el diseño de mezcla con incorporación de ceniza; esto para un concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ teniéndolo como resistencia especificada y para una resistencia requerida de $f'c= 245 \text{ Kg/cm}^2$ tras las tabulaciones requeridas se tiene una relación a/c de 0.618, se tiene los siguientes pesos corregidos por metro cúbico son cemento 312.30 kg, agua 213.47 Lt, agregado fino 722.48 Kg y agregado grueso

1097.19 kg. En relación a estos pesos corregidos se llega a determinar que la proporciones en peso seco son de cemento 1 Kg, agregado fino 2.31 kg, agregado grueso 3.51 kg y agua 29.05 Lt. En esta investigación se trabajó con una muestra de 36 probetas donde se realizaron 9 muestras de cada una, entonces los cálculos para el concreto patrón y para las sustituciones de 2%, 3% y 5%, considerando un 20% de desperdicio son de la siguiente manera: concreto patrón (cemento 18.69 Kg, agua 12.78 Kg, agregado fino 43.25 Kg, agregado grueso 65.68 Kg), con 2% de sustitución (cemento 18.32 Kg, ceniza 0.37 Kg, agua 12.78 Kg, agregado fino 43.25 Kg, agregado grueso 65.68 Kg), con 3% de sustitución (cemento 18.13 Kg, ceniza 0.56 Kg, agua 12.78 Kg, agregado fino 43.25 Kg, agregado grueso 65.68 Kg), con 5% de sustitución (cemento 17.76 Kg, ceniza 0.93 Kg, agua 12.78 Kg, agregado fino 43.25 Kg, agregado grueso 65.68 Kg) con un peso total de 140.40 Kg para cada muestra realizada. Luego de haber elaborado los concretos de cada sustitución con respecto al concreto patrón se determina que de acuerdo al comportamiento que presentaron cada uno de ellos, la sustitución de 5% es la más favorable. A pesar de las diferencias con los investigadores del antecedente citado donde se encuentran muchas discrepancias en lo técnico, se puede deducir que esta última sustitución es la de mayores cualidades y la que más se asemeja al de ellos a pesar de ser solo un concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$.

Según Escalante y Huamán (2020) respecto al diseño de mezcla método ACI para un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en cuanto al concreto patrón sus proporciones son de cemento 1Kg, agregado fino 2.31 Kg, agregado grueso 2.46 Kg y agua 24.19 litros, en base a esta relación, los investigadores realizaron sus dosificaciones para 10 probetas, tanto para el concreto patrón y sus adiciones de ceniza en 9%, 14% y 23%. Concreto patrón (cemento 7.40 Kg, agregado grueso 17.69 Kg, agregado fino 16.32 Kg, agua 4.76 Kg), con 9% de adición (cemento 6.734 Kg, agregado grueso 17.69 Kg, agregado fino 16.32 Kg, agua 4.76 Kg, ceniza 0.666 Kg), con 14% de adición (cemento 6.364 Kg, agregado grueso 17.69 Kg, agregado fino 16.32 Kg, agua 4.76 Kg, ceniza 1.036 Kg) y con 23% de adición (cemento 6.364 Kg, agregado grueso

17.69 Kg, agregado fino 16.32 Kg, agua 4.76 Kg, ceniza 1.036 Kg), por lo observado al ser una adición, las proporciones del concreto patrón no debieran variar, salvo con la adición porcentual de las cenizas referente al peso del cemento, los investigadores al parecer equivocaron sus cálculos en sustituir por adicionar, sin duda eso variaría sus resultados de acuerdo a sus conclusiones, donde expresan que el uso de 9% de ceniza es la más adecuada para un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, lo que lleva a considerar que de acuerdo a esta investigación, la sustitución de ceniza al 5% para un concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ es la más óptima de acuerdo a mis resultados obtenidos.

- 5.3.** En base al tercer objetivo específico: determinar la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días para cada una de las sustituciones para un concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, respecto a un concreto patrón que nos sirve de base y las sustituciones con ceniza de eucalipto en 2%, 3% y 5% por cemento. En todos los casos con resultados promedios se tiene las resistencias adquiridas y el porcentaje $f_c/f'c$: Ensayo a los 7 días, concreto patrón (215.73 Kg/cm^2 , 123.28%) Tabla 27, sustitución al 2% (163.97 Kg/cm^2 , 93.70%) Tabla 28, sustitución al 3% (187.08 Kg/cm^2 , 106.90%) Tabla 29, sustitución al 5% (103.90 Kg/cm^2 , 59.37) Tabla 30, por lo que se observa la sustitución de 3% es la que llega a tener una mayor cercanía al concreto patrón, pero aún muy alejado de la resistencia requerida. Ensayo a los 14 días, concreto patrón (239.33 Kg/cm^2 , 136.76%) Tabla 31, sustitución al 2% (207.40 Kg/cm^2 , 118.51%) Tabla 32, sustitución al 3% (230.99 Kg/cm^2 , 132%) Tabla 33, sustitución al 5% (240.65 Kg/cm^2 , 137.52) Tabla 34, a diferencia del concreto curado a los 7 días, en este ensayo se puede observar que la sustitución de 2% permanece alejado de la resistencia requerida, pero la de 3% tiene un cierto alcance y la de 5% sobrepasa ligeramente la resistencia. Ensayo a los 28 días, concreto patrón (331.17 Kg/cm^2 , 189.24%) Tabla 35, sustitución al 2% (271.70 Kg/cm^2 , 155.26%) Tabla 36, sustitución al 3% (304.07 Kg/cm^2 , 173.75%) Tabla 37, sustitución al 5% (331.72 Kg/cm^2 , 189.56) Tabla 38, de igual manera que con el curado con 14 días, en este ensayo se puede observar que la sustitución de 2% permanece alejado de la resistencia requerida, la de 3% tiene un presenta un cierto retroceso y la de 5%

nuevamente sobrepasa ligeramente la resistencia en 0.32% como se puede observar en la Tabla 43 y la Tabla 44. En tal sentido se puede afirmar que el concreto realizado con la sustitución de 5% es mejor que las anteriores, y con el tiempo podría superar por mucho la resistencia del concreto patrón, en comparación con el antecedente citado existen algunas variaciones como se detalla a continuación.

Según Alvarado et al. (2016) respecto a la resistencia a compresión expresa de manera concienzuda las resistencias adquiridas y el porcentaje de cada elaboración de concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con cenizas del bagazo de caña de azúcar (CBCA) con el que trabajaron, tanto para el concreto patrón como para las sustituciones con ceniza de los dos diferentes Ingenios azucareros en porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%. Ensayos a los 7 días con resultados promedios, concreto patrón 165.90 Kg/cm^2 , 79%; para el Ingenio Chaparrastique al 5% (148.49 Kg/cm^2 , 70.71%), al 10% (167.45 Kg/cm^2 , 79.74%), al 15% (152.91 Kg/cm^2 , 72.82%), al 20% (156.86 Kg/cm^2 , 74.70%), al 25% (64.63 Kg/cm^2 , 45.19%), al 30% (61.76 Kg/cm^2 , 36.68%); para el Ingenio Jiboa al 5% (170.42 Kg/cm^2 , 81.16%), al 10% (176.56 Kg/cm^2 , 84.08%), al 15% (141.73 Kg/cm^2 , 67.49%), al 20% (130.66 Kg/cm^2 , 62.22%), al 25% (146.47 Kg/cm^2 , 69.75%), al 30% (105.88 Kg/cm^2 , 54.30%); esto hace ver que las cenizas del Ingenio Jiboa presentan mejores cualidades cementicias a los 7 días. Respecto a los ensayos a los 14 días con resultados promedios, concreto patrón 221.98 Kg/cm^2 , 105.71%; para el Ingenio Chaparrastique al 5% (204.02 Kg/cm^2 , 97.15%), al 10% (207.67 Kg/cm^2 , 98.89%), al 15% (171.96 Kg/cm^2 , 81.88%), al 20% (173.13 Kg/cm^2 , 82.44%), al 25% (102.46 Kg/cm^2 , 71.65%), al 30% (108.51 Kg/cm^2 , 64.45%); para el Ingenio Jiboa al 5% (207.51 Kg/cm^2 , 98.81%), al 10% (188.52 Kg/cm^2 , 89.77%), al 15% (193.71 Kg/cm^2 , 92.24%), al 20% (156.96 Kg/cm^2 , 74.74%), al 25% (154.65 Kg/cm^2 , 73.64%), al 30% (118.97 Kg/cm^2 , 61.01%); esto hace ver que las cenizas del Ingenio Jiboa con una sustitución de 5% presentan mejores cualidades cementicias a los 14 días. Respecto a los ensayos a los 28 días con resultados promedios, concreto patrón 285.98 Kg/cm^2 , 136.18%; para el Ingenio Chaparrastique al 5% (232.12 Kg/cm^2 ,

110.53%), al 10% (216.44 Kg/cm², 103.07%), al 15% (186.92 Kg/cm², 89.01%), al 20% (179.46 Kg/cm², 85.46%), al 25% (133.21 Kg/cm², 93.15%), al 30% (136.80 Kg/cm², 72.99%); para el Ingenio Jiboa al 5% (240.75 Kg/cm², 114.64%), al 10% (217.78 Kg/cm², 103.70%), al 15% (212.94 Kg/cm², 101.40%), al 20% (166.86 Kg/cm², 79.46%), al 25% (160.95 Kg/cm², 76.65%), al 30% (140.60 Kg/cm², 72.10%); viendo las resistencias conseguidas a los 28 días de curado ninguna de las sustituciones alcanza al concreto patrón, esto quizás por los componentes propios de esta ceniza, pero aun así la sustitución de 5% es la que más se acerca al concreto patrón. Comparando ambos resultados finales se puede determinar que las resistencias con ceniza de eucalipto presentan mejores cualidades que la CBCA, esto a pesar de que las resistencias eran distintas, también por la relación a/c que presentan ambos diseños.

- 5.4.** Finalmente, en base al cuarto objetivo específico: determinar el comportamiento del concreto para cada porcentaje sustituido, en cuanto al asentamiento se observó que el Slump del concreto patrón estaba dentro de los rangos definidos de 3" @ 4", las sustituciones al ser tan solo de 2%, 3% y 5%, presentaron un comportamiento similar con un Slump de 3.70", viendo las concordancias con el antecedente citado, se puede decir que lo trabajado para cada sustitución expresa que en los tres casos existe una buena trabajabilidad, además de un buen comportamiento al tiempo de fragua.

Según Solano (2020) que en cuanto al comportamiento del concreto en el asentamiento la sustitución de ceniza al 4% presenta un -7.73% bastante cerca al concreto patrón, mientras que las otras sustituciones de 8% y 12% llegó hasta un -27.84%, evidenciando que mientras más ceniza tenga el concreto es menos trabajable; concerniente al tiempo de fragua y viendo la trabajabilidad el autor explica que la mejor sustitución fue la de 4% al tener una mayor aceleración de fraguado de 12.04% respecto al patrón; quiere decir que a mayor cantidad de ceniza más corto el tiempo de fraguado, esto podría ser útil si se aplicase en zonas alto andinas donde se requiera una aceleración, caso contrario se tendría que corregir los valores de agua.

VI. CONCLUSIONES

Con referencia a las anotaciones en las discusiones se llega a las conclusiones siguientes:

- 6.1. De acuerdo a lo señalado anteriormente para caracterizar químicamente la ceniza de eucalipto, basta con mencionar que las cenizas de eucalipto sustituidas por cemento son bastante similares al cemento, y que, de acuerdo a un adecuado diseño de mezcla, a las proporciones de diseño, a la resistencia a compresión que se asemejaron mucho al concreto patrón y que su comportamiento del concreto mezclado con las sustituciones ha demostrado tener muchas cualidades similares al cemento.
- 6.2. Se elaboró un diseño de mezcla para un concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ la cual nos dio una relación $a/c=0.618$, esto llevó a tener una proporción por metro cúbico de cemento 312.30 kg, agua 213.47 Lt, agregado fino 722.48 Kg y agregado grueso 1097.19 kg. Bajo el diseño de mezcla, la relación a/c se determinó que la proporción en peso seco fue de cemento 1 Kg, agregado fino 2.31 kg, agregado grueso 3.51 kg y agua 29.05 Lt. Al haberse trabajado con 36 probetas, 9 para cada ensayo (concreto patrón, sustituciones al 2%, 3% y 5%) considerando un 20% de desperdicios para su elaboración se determinó que el adecuado diseño de mezcla con sustitución, fue la que se desarrolló con el 5% de ceniza de eucalipto siendo esta la más favorable, en este caso para un concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$.
- 6.3. Con respecto a la determinación de la resistencia a compresión de un concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ con sustituciones parciales de ceniza de eucalipto en 2%, 3% y 5% a 7, 14 y 28 días de curado, en todos los casos se comprueba en base a los resultados promedios, para los 7 días de curado se observó que la sustitución de ceniza al 3% presentó cierto alcance con respecto al concreto patrón con una variación de 16.38% del $f_c/f'c$ estando aun alejada de la resistencia requerida, para los 14 días de curado se observó que la sustitución con 3% se acerca al concreto patrón con una

variación de 4.76% f_c/f'_c y con la sustitución de 5% esta sobrepasa ligeramente en 0.76% f_c/f'_c al concreto patrón y para los 28 días de curado se observó que la sustitución con 3% se aleja a la resistencia patrón con una variación de 15.49% f_c/f'_c , en cambio la sustitución de 5% sobrepasa, pero muy poco en 0.32% f_c/f'_c , por lo tanto, esto nos indica que la sustitución de ceniza al 5% es la que más se asemeja y tiene un mejor comportamiento a la resistencia a compresión.

- 6.4.** Con respecto a la determinación del comportamiento del concreto en cada sustitución de ceniza, comparando con los resultados de antecedentes, y los trabajos propios en esta investigación, habiendo realizado un correcto diseño de mezcla donde el Slump de 3.70" se encuentra dentro de los parámetros de diseño, además de que se evidencia una buena resistencia a compresión, se concluye que en las sustituciones de ceniza la más favorable es la de 5%, al demostrarse una mejor trabajabilidad, un fraguado final a tiempo similar que un concreto patrón y la capacidad de soportar cargas similares a un concreto patrón en los ensayos de resistencia a compresión.

VII. RECOMENDACIONES

Por los resultados conseguidos, tanto en los ensayos de compresión, en las discusiones planteadas y las conclusiones, con respecto al uso de las cenizas de eucalipto como sustituyente de cemento se recomienda lo siguiente:

- 7.1.** Así como ya se viene trabajando con las cenizas volantes de centrales termoeléctricas, de igual manera se recomienda trabajar con la ceniza de eucalipto, así como se observa en los resultados obtenidos que este material presenta cualidades similares al cemento de acuerdo a la caracterización realizada y que como se menciona en esta investigación se trata de los desperdicios de tala, material que no es usado y es quemado deliberadamente por la población local ya que tiene una descomposición lenta y para apresurarlo llegan a esta determinación, dañando los suelos de cultivo y esperando a que las lluvias limpien los suelos.
- 7.2.** Respecto al diseño de mezcla se demostró que con 5% de sustitución presentó buenas características, en ese sentido se recomienda el continuar con otras sustituciones mayores, con otras sustituciones naturales que también aporten al desarrollo del concreto y también elaborar diseños de mezclas con los otros métodos conocidos.
- 7.3.** Se recomienda también realizar otras pruebas de resistencia al concreto, y con las distintas variedades de cemento, para así poder aumentar los conocimientos y a la vez las bondades que tiene la ceniza de eucalipto, de igual manera recomendar la producción de concretos de mayor resistencia y concretos de alta resistencia.
- 7.4.** Se recomienda usar sustituciones mayores al 5% y determinar el comportamiento de los distintos estados del concreto, de igual manera complementando otras sustituciones naturales puzolánicas.

REFERENCIAS

1. APPLICATION of Wood ash in the production of concrete por MANSOOR, Elahi [et al.] Sci. Int (Lahore) [en línea] Pakistán 2015, [Fecha de consulta: 27 de junio de 2021].

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/335812369_APPLICATION_OF_WOOD_ASH_IN_THE_PRODUCTION_OF_CONCRETE/link/5d7c6a67a6fdcc2f0f6dd38b/download

ISSN: 1013-5316

2. ESCALANTE, Enmanuel y HUAMÁN, César. Adición de cenizas volantes de carbón en el concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ para el diseño de Vivienda Unifamiliar ATE – 2020. Tesis (Pregrado). Lima: Universidad César Vallejo, 2020.

Disponible en:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/57468/Escalante_LEL-Huam%c3%a1n_CCE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

3. TAGLE, Claudia. Análisis comparativo de las propiedades físico – mecánicas de un mortero patrón; y un mortero sustituyendo el peso del cemento con ceniza volante en porcentajes de 5%, 10% y 15%, elaborado con agregados de Cunyac y Pisac – Cusco 2017. Tesis (Pregrado). Cusco: Universidad Andina del Cusco, 2019.

Disponible en:

https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/2859/Claudia_Tesis_bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

4. ALVARADO, Nelson, ANDRADE, Juan y HERNÁNDEZ, Herson. Estudio del empleo de cenizas producidas en ingenios azucareros como sustituto parcial del cemento portland en el diseño de mezclas de concreto. Tesis (Pregrado). San Miguel: Universidad de El Salvador, 2016.

Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14162/1/50108276.pdf>

5. SOLANO, Juan. Influencia de la ceniza de hojas de eucalipto en las propiedades del concreto simple para mortero en muros no portantes. Tesis (Pregrado). Huancayo: Universidad Peruana Los Andes, 2020.

Disponible en: <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/2023>

6. PÉREZ, Yenner. Resistencia del concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento en 4% y 8% por la ceniza de tronco de Eucalipto (Eucaliptus Globulus). Tesis (Pregrado). Chimbote: Universidad San Pedro, 2017.

Disponible en:

http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/7975/Tesis_57364.pdf?sequence=1&isAllowed=y

7. DIAGNE, Mababa, DIA, Ibrahima y GUEYE, Omar. Influence of types of fillers on workability, bleeding, compressive strength, and degree of compaction of hydraulic concrete. *Materials Sciences and applications*, 12, 276-296 [en línea] 2021 [Fecha de consulta: 20 de julio de 2021].
Disponible en: https://www.scirp.org/pdf/msa_2021062816012499.pdf
ISSN: 2153-1188
8. CHEN, Xudong, HUANG, Wanshan y ZHOU, Jikai. Effect of moisture content on compressive and Split tensile strength of concrete. *Indian Journal of Engineering & Materials Sciences* [en línea] Vol. 19, diciembre 2012. [Fecha de consulta: 20 de julio de 2021].
Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/237008333_Effect_of_moisture_content_on_compressive_and_split_tensile_strength_of_concrete/link/00b4951adf09e49528000000/download
9. ROCHEL, Roberto. Hormigón reforzado. 1.^a ed. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT, 2007. 368pp.
Disponible en: <https://civilarq.com/libro/hormigon-reforzado-roberto-rochel-awad-libro-pdf/>
ISBN: 9789588281667
10. ANALYSIS of strength hydraulic concrete produced with a mixture of crushed gneiss and alluvial sand por LUC LEROY Mambou [et al.] *Journal of applied mechanical engineering* [en línea] Camerún 2017, [Fecha de consulta: 27 de junio de 2021].
Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/320872846_Analysis_of_Strength_Hydraulic_Concrete_Produced_with_a_Mixture_ofCrushed_Gneiss_and_Alluvial_Sand
ISSN: 2168-9873
11. BALTAZAR, Julio. Aplicación de normas ASTM para pruebas al concreto en estado fresco para obtener una certificación ACI (Concrete Field Testing Technician) Grado 1 a nivel internacional. Tesis (Pregrado). Universidad Mariano Gálvez de Guatemala, 2011.
Disponible en: <https://glifos.umg.edu.gt/digital/77515.pdf>
12. DÍAZ, Cesar. Naturaleza del concreto. [en línea]. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2021].
Disponible en: <https://www.udocz.com/pe/read/7495/naturaleza-del-concreto-pdf>
13. MOLINA, Fredy y CHARA, Helmust. Influencia de la adición de nanosílice en las propiedades de un concreto de alta resistencia para la ciudad de Arequipa. Tesis (Pregrado). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2017.

Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2383>

14. NORMA Técnica Peruana (Perú). NTP 400.022 2013 Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Lima: NTP, 2014. 25pp
Disponible en: https://kupdf.net/queue/ntp-4000222013-agregados-metodo-peso-especifico-y-absorcion-del-agregado-fino_59c03df208bbc5f314686f9e_pdf?queue_id=-1&x=1627172543&z=MjgwMDoyMDA6ZjE5MDpjYjI6NjEwOTo0ZDYyOmJhZjY6NDJmMw==
15. TORRE, Ana. Curso básico de tecnología del concreto. [en línea]. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2004. 131pp. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2021].
Disponible en:
http://www.mediafire.com/file/c483nc8jrfh5c7j/CURSO_BASICO_DE_TECNOLOGIA_DEL_CONCRETO.pdf/file
16. RIVERA, Gerardo. Concreto simple. Civilgeeks.com [en línea]. Cauca: Universidad del Cauca, 256pp. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2021].
Disponible en: <https://www.udocz.com/pe/read/8628/tecnologia-concreto-y-mortero-rivera-pdf>
17. GUTIÉRREZ, Libia. El concreto y otros materiales de construcción. 2.^a ed. Manizales: Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia, 2003. 28pp.
Disponible en: https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-03-04_01-58-1594299.pdf
ISBN: 9589322824
18. MINISTERIO de vivienda, construcción y saneamiento, SENCICO (Perú). Norma E.060 Concreto armado. Lima, 2019. 199pp
Disponible en: <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>
19. LI, Guang. The effect of moisture content on the tensile strength properties of concrete. Tesis (Master de Ingeniería). Florida: University of Florida, 2004.
Disponible en: http://ufdcimages.uflib.ufl.edu/uf/e0/00/47/82/00001/li_g.pdf
20. TUGRUL, Erdem, UGUR Ozturk y ENGIN Gucuyen. Estimation of compressive strength of cement mortars. Romanian Journal of Materials [en línea] enero 2016. [Fecha de consulta: 20 de julio de 2021].
Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/309060300_Estimation_of_compressive_strength_of_cement_mortars/link/59350e42aca272fc5550eea2/download

- 21.** PATIÑO, Oscar y MÉNDEZ, Rosalín. Control de calidad del concreto (Normas, pruebas y cartas de control). RIDTEC Universidad Tecnológica de Panamá [en línea] Vol. 4, N° 1 y 2. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2021].
Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/download/134/pdf/>
- 22.** NAVARRO, Javier y López, Jorge. Tecnología de los materiales. 1.^a ed. Huancayo: Imagen gráfica SRL, 2006. 191pp.
- 23.** DURABILITY of Concrete por Kosmatka, Steven [et al.]. Transportation Research Circular E-C171, Proportioning, Portland Cement Association [en línea]. 2013. 2.^a ed. [Fecha de consulta: 27 de junio de 2021].
Disponible en: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec171.pdf>
ISSN: 097-8515
- 24.** GIRALDO, Orlando. Dosificaciones de mezclas de hormigón métodos ACI 211.1, Weymouth, Fuller, Bolomey, Faurý. [en línea]. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 58pp. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2021].
Disponible en:
http://www.mediafire.com/file/k1vfr1zxyn6696u/Dosificacion_de_mezclas_de_hormigo%25CC%2581n._Metodos_ACI_211.1%252C_Weymouth%252C_Fuller%252C_Bolomey%252C_Faurý_.pdf/file
- 25.** FLY ash as a cementitious material for concrete por BOUASSI, Aissa [et al.]. Zero-Energy Building – New Approaches and Technologies [en línea]. 2020.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90466>
Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/340457279_Fly_Ash_as_a_Cementitious_Material_for_Concrete/link/604597fb92851c077f243318/download
- 26.** ABDULLAHI, M. Characteristics of Wood ASH/OPC Concrete. Leonardo Electronic Journal of practices and technologies, [en línea]. junio 2006 [Fecha de consulta: 27 de junio de 2021].
Disponible en: http://lejpt.academicdirect.org/A08/09_16.pdf
ISSN: 1583-1078
- 27.** SUBRAMANIAM, Prabagar, SUBASINGHE, Kalya y KEERTHI, Fonseka. Wood ash as an effective raw material for concrete blocks. International Journal of Research in Engineering and Technology [en línea] Vol. 04, febrero 2015. [Fecha de consulta: 27 de junio de 2021].
Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/272747682_WOOD_ASH_AS_AN_EFFECTIVE_RAW_MATERIAL_FOR_CONCRETE_BLOCKS
ISSN: 2319-1163

- 28.** EFFECTS of Wood ash and waste glass powder on properties of concrete in terms of workability and compressive strength in Jaresh City por Yahia Yasser [et al.] Open Journal of Civil Engineering [en línea] Jaresh, Jordania 2017, [Fecha de consulta: 27 de junio de 2021].
Disponible en: https://www.scirp.org/pdf/OJCE_2017082314373753.pdf
ISSN: 2164-3172
- 29.** GRANADOS, D y LÓPEZ, G. Fitogeografía y ecología del género Eucalyptus. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente [en línea] Vol. 13, núm. 2, diciembre 2007. [Fecha de consulta: 27 de junio de 2021].
Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/629/62913208.pdf>
ISSN: 2007-3828
- 30.** EUCALYPTUS globulus Labill por MAJADA, Juan. [et al.]. Producción y manejo de semillas y plantas forestales [en línea]. enero 2012.
Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/320078144_Eucalyptus_globulus_La_bill
- 31.** DAVID, Emilio y CÁRDENAS, Henry. Turno financiero en plantaciones de Eucalyptus globulus Labill del Valle del Mantaro. Revista Forestal del Perú [en línea] Vol. 9 (2):1-14. [Fecha de consulta: 27 de junio de 2021].
Disponible en:
[http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol09_no2_79_\(13\)/Vol9_no2_ar_t3.pdf](http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol09_no2_79_(13)/Vol9_no2_ar_t3.pdf)
- 32.** EUCALYPTUS globulus por CERASOLI, S. [et al.]. Eucalyptus globulus and other eucalypts in Europa: distribution, hábitat, usage and threats [en línea]. 2016. [Fecha de consulta: 27 de junio de 2021].
Disponible en:
https://forest.jrc.ec.europa.eu/media/atlas/Eucalyptus_globulus.pdf
- 33.** SAMANIEGO, Cesar. Efecto de un incendio forestal en una plantación de Eucalyptus globulus Labill. subsp. globulus en Huaraz. Tesis (Pregrado). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2013.
Disponible en:
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1762/K70-S187-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 34.** ENAMA Ente Nazionale per la Meccanizzazione Agricola. Biomasse ed energía. Caratteristiche tecniche delle biomasse e dei biocombustibili. Italia, 2011. 124pp.
Disponible en: <https://www.progettobiomasse.it/it/pdf/studio/p1c1.pdf>

- 35.**HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 6.^a ed. México: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014. 634pp.
Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
ISBN: 9781456223960
- 36.**BAENA, Guillermina. Metodología de la investigación. 3.^a ed. México: Grupo Editorial Patria, S.A. de C.V., 2017. 157pp.
Disponible en:
http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
ISBN: 9786077447481
- 37.**SALKIND, Neil. Métodos de investigación. 3.^a ed. México: Prentice Hall Hispanoamerica. S.A., 1999. 235pp.
Disponible en:
<https://books.google.com.pe/books?id=3uIW0vVD63wC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
ISBN: 9701702344
- 38.**BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros [en línea]. Chiclayo: 2016, [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2021].
Disponible en: <https://docer.com.ar/doc/c8sc1v>
- 39.**CORTÉS, Manuel e IGLESIAS, Miriam. Generalidades sobre metodología de la investigación. 1.^a ed. Ciudad del Carmen: Universidad Autónoma del Carmen, 2004. 105pp.
Disponible en:
https://www.unacar.mx/contenido/gaceta/ediciones/metodologia_investigacion.pdf
ISBN: 9686624872
- 40.**METODOLOGÍA de la investigación. Manual para uso exclusivo de los estudiantes. Universidad de San Martín de Porres [en línea]. 2017, 79pp. [Fecha de consulta: 27 de junio de 2021].
Disponible en: <https://www.usmp.edu.pe/estudiosgenerales/pdf/2017-I/MANUALES/METODOLOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION.pdf>

ANEXOS

Anexo 1:

Tabla 48: Matriz de Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente: Ceniza de eucalipto	Material que posee propiedades cementantes con componentes químicos similares al cemento como el óxido de calcio trióxido de hierro, dióxido de silicio, trióxido de aluminio encontrados tras un análisis de fluorescencia de rayos X (Pérez, 2017, p. 37).	La variable ceniza de eucalipto está en función a la dimensión de las dosificaciones respecto al volumen de las muestras que están en los porcentajes de 2%, 3% y 5% de sustitución de ceniza de eucalipto.	Dosificaciones de ceniza	2% Respecto al peso	Razón
				3% Respecto al peso	
				5% Respecto al peso	
Variable dependiente: Resistencia a compresión del concreto	Es la prueba que se determina ejerciendo compresión de carga axial aplicada sobre una sección transversal constante, carga que va incrementándose hasta que falla la muestra, el resultado obtenido tras la falla, generalmente se expresa en libras por pulgada cuadrada (psi) o pascales (Pa) (Guang Li, 2004, p. 6).	De la resistencia a compresión se basa en la NTP 339.034:2015 donde los ensayos a realizarse se harán a los 7,14 y 28 días de curado para cada cuna de las sustituciones de ceniza, tal como lo especifica la norma, con 3 unidades de cada muestra.	Ensayo de resistencia a compresión.	Kg/cm ²	Razón

Anexo 2:

Tabla 49: Matriz de consistencia

Formulación del problema	Objetivos		Hipótesis	Variables e Indicadores	
¿Cuál es el comportamiento de un concreto f'c=175 kg/cm² sustituido parcialmente con ceniza de eucalipto sometido a resistencias de compresión?	Objetivo General		La sustitución parcial del cemento en 2%, 3% y 5% por ceniza de eucalipto (Eucalyptus globulus) mejora la resistencia a compresión de un concreto f'c= 175 kg/cm².	V.I.: Ceniza de eucalipto	
	Determinar la resistencia a compresión de un concreto f'c = 175kg/cm² cuando se sustituye el cemento por las cenizas de eucalipto (Eucalyptus globulus) a un 2%, 3% y 5%.			Dimensiones	Indicadores
				Dosificaciones de ceniza	2% Respecto al peso
					3% Respecto al peso
					5% Respecto al peso
	Objetivos específicos			V.D.: Resistencia a compresión del concreto	
	1:	Caracterizar químicamente la ceniza de eucalipto.		Dimensiones	Indicadores
	2:	Elaborar el diseño de mezcla de concreto donde sustituir ceniza de eucalipto por cemento.		Ensayo de resistencia a compresión	Kg/cm²
	3:	Determinar la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días para cada una de las sustituciones.			
4:	Determinar el comportamiento del concreto para cada porcentaje sustituido.				

Anexo 3: Ensayos de materiales



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

EJECUCION, ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

SOLICITANT : Bach. YÁNAC CÁCERES JESÚS PAÚL
: "COMPORTAMIENTO DE UN CONCRETO F'C=175 KG/CM2 A LA
RESISTENCIA A COMPRESIÓN, SUSTITUYENDO PARCIALMENTE CENIZA DE
EUCALIPTO POR CEMENTO HUARAZ 2021"
UBICACIÓN : DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ – ANCASH
FECHA : 1: HUARAZ, 01 DE JULIO DEL 2021
F'C DISEÑO : 175 Kg/cm²

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

Contenido de humedad agregado fino

Recipiente N°	14	44
1 Peso de recipiente + suelo humedo (gr)	1,062.50	1,048.00
2 Peso de recipiente + suelo seco (gr)	1,012.60	999.20
3 Peso de recipiente (gr)	167.70	169.70
4 Peso de agua (1) - (2) (gr)	49.90	48.80
5 Peso de suelo seco (2) - (3) (gr)	844.90	829.50
6 Contenido de Humedad (4/5) x 100 (%)	5.91	5.88
7 Humedad promedio	5.89%	

Fuente: Elaboración propia

Contenido de humedad agregado grueso

Recipiente N°	10	30
1 Peso de recipiente + suelo humedo (gr)	1,521.00	1,484.00
2 Peso de recipiente + suelo seco (gr)	1,501.60	1,463.30
3 Peso de recipiente (gr)	170.20	168.10
4 Peso de agua (1) - (2) (gr)	19.40	20.70
5 Peso de suelo seco (2) - (3) (gr)	1,331.40	1,295.20
6 Contenido de Humedad (4/5) x 100 (%)	1.46	1.60
7 Humedad promedio	1.53%	

Fuente: Elaboración propia

NOTA: LA MUESTRA FUE PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Alberto Villanueva Medina
INGENIERO CIVIL
CIE 38217

Vicior Hugo Villanueva Naitara
TÉCNICO LABORATORISTA EN
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Reg. 62839



* Urb. VillaSan Miguel de Chicney S/N Distrito de Independencia Provincia de Huaraz

Telefono : FIJO 043 609712 - RPM 949004338

RUC : 20600954173

E-mail: vhlaboratorio@gmail.com

REG. INDECOPI CERTIF. 95136



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

EJECUCION, ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

SOLICITANTE : Bach. YÁÑAC CÁCERES JESÚS PAÚL

TESIS : "COMPORTAMIENTO DE UN CONCRETO F'C=175 KG/CM2 A LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, SUSTITUYENDO PARCIALMENTE CENIZA DE EUCALIPTO POR CEMENTO HUARAZ 2021"

UBICACIÓN : DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ – ANCASH

FECHA : HUARAZ, 01 DE JULIO DEL 2021

F'C DISEÑO : 175 Kg/cm²

Granulometría del agregado fino

Tamiz	Abertura malla	Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje que Pasa
N°	(mm)	(gr)	Parcial	Acumulado	
# 4	4.75	0.00	0.00	0.00	0.00
# 8	2.36	401.00	20.05	20.05	79.95
# 16	1.18	498.00	24.90	44.95	55.05
# 30	0.60	399.00	19.95	64.90	35.10
# 50	0.30	305.00	15.25	80.15	19.85
# 100	0.15	143.00	7.15	87.30	12.70
# 200	0.08	57.00	2.85	90.15	9.85
FONDO		197.00	9.85	100.00	0.00
TOTAL		2,000.00			

Fuente: Elaboracion propia

$$M_f = \frac{\% \text{ Retenido Acumulado}}{100}$$

$$M_f = 2.97$$

Curva Granulometrica del Agregado Fino dada en el Laboratorio



NOTA: LA MUESTRA FUE PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

[Firma]
Victor Hugo Villanueva Najarro
TÉCNICO LABORATORISTA EN
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Reg. 62839

[Firma]
Alberto Villanueva Medina
INGENIERO CIVIL
CIP. 55217



* Urb. Villa San Miguel de Chicney S/N Distrito de Independencia Provincia de Huaraz

Teléfono : FIJO 043 609712 - RPM 949004338

RUC : 20600954173

E-mail: vhlaboratorio@gmail.com

REG. INDECOPI CERTF. 95136



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

EJECUCION, ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

SOLICITANTE : Bach. YÁÑAC CÁCERES JESÚS PAÚL

TESIS : "COMPORTAMIENTO DE UN CONCRETO F'C=175 KG/CM2 A LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, SUSTITUYENDO PARCIALMENTE CENIZA DE EUCALIPTO POR CEMENTO HUARAZ 2021"

UBICACIÓN : DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ – ANCASH

FECHA : HUARAZ, 01 DE JULIO DEL 2021

F'C DISEÑO : 175 Kg/cm²

Granulometría del agregado grueso

Tamiz	Abertura malla	Peso Retenido	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa
Nº	(mm)	(gr)			
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	2,794.00	11.26	11.26	88.74
3/4"	19.00	4,529.50	18.25	29.51	70.49
1/2"	12.50	6,780.00	27.32	56.83	43.17
3/8"	9.50	4,005.00	16.14	72.96	27.04
Nº 4	4.75	5,664.50	22.82	95.79	4.21
FONDO		1,045.50	4.21	100.00	0.00
TOTAL		24,818.50	100.00		

Fuente: Elaboracion propia

TM= 1 1/2"
TMN= 1"



NOTA: LA MUESTRA FUE PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

Alberto Villanueva Medina
INGENIERO CIVIL
CIP. 06217

Victor Hugo Villanueva Najarro
TÉCNICO LABORATORISTA EN
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Reg. 62639

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU



* Urb. VillaSan Miguel de Chicney S/N Distrito de Independencia Provincia de Huaraz

Telefono : FIJO 043 609712 - RPM 949004338
RUC : 20600954173

E-mail: vhlaboratorio@gmail.com
REG. INDECOPI CERTIF. 95136



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

EJECUCION, ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

SOLICITANTE : Bach. YÁNAC CÁCERES JESÚS PAÚL
TESIS : "COMPORTAMIENTO DE UN CONCRETO F'C=175 KG/CM2 A LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, SUSTITUYENDO PARCIALMENTE CENIZA DE EUCALIPTO POR CEMENTO HUARAZ 2021"
UBICACIÓN : DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ – ANCASH
FECHA : HUARAZ, 01 DE JULIO DEL 2021
F'C DISEÑO : 175 Kg/cm²

Datos de ensayo de gravedad específica y absorción de agregado fino

IDENTIFICACION		# 49
A	Peso Mat. Saturado Superficialmente Seco (gr)	(en aire) 300.00
B	Peso frasco + agua (gr)	669.90
C	Peso frasco + agua + Peso mat. Saturado Superficialmente Seco (gr)	= A + B 969.90
D	peso del material. + agua en el frasco (gr)	857.60
E	Volumen de masa + Volumen de vacios	= C - D 112.30
F	Peso de material seco en estufa (gr)	(110° C) 296.00
G	Volumen de masa	= E - (A - F) 108.30
	P.e bulk (base seca)	= F / E 2.64
	P.e bulk (base saturada)	= A / E 2.67
	P.e aparente (base seca)	= F / G 2.73
	Porcentaje de absorcion (%)	=(A-F)/F x 100 1.35

Fuente: Elaboracion Propia

Datos de ensayo de gravedad específica y absorción de agregado grueso

IDENTIFICACION		# 39	# 17	# 19
A	Peso Mat. Saturado Superficialmente Seco (gr)	(en aire) 1,265.50	955.50	1,112.50
B	Peso Mat. Saturado Superficialmente Seco (gr)	(en agua) 789.40	593.60	690.90
C	Volumen de masa / Volumen de vacios	= A - B 476.10	361.90	421.60
D	Peso de material seco en estufa (gr)	(105° C) 1,251.80	945.90	1,101.70
E	Volumen de masa	= C - (A-D) 462.40	352.30	410.80
	P.e bulk (base seca)	= D / C 2.63	2.61	2.61
	P.e bulk (base saturada)	= A / C 2.66	2.64	2.64
	P.e aparente (base seca)	= D / E 2.71	2.68	2.68
	Porcentaje de absorcion (%)	=(A - D) / D x 100 1.09	1.01	0.98

Fuente: Elaboracion Propia

Resultado promedio de gravedad específica y absorción de agregado grueso

Gravedad específica y absorción	
P.e bulk (base seca)	2.62
P.e bulk (base saturada)	2.65
P.e aparente (base seca)	2.69
Porcentaje de absorcion	1.03

Fuente: Elaboracion Propia

NOTA: LA MUESTRA FUE PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Alberto Villanueva Medina
INGENIERO CIVIL
CIP. 36217

Victor Hugo Villanueva Najarro
TÉCNICO LABORATORISTA EN
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Reg. 62639



* Urb. VillaSan Miguel de Chicney S/N Distrito de Independencia Provincia de Huaraz

Telefono : FIJO 043 609712 - RPM 949004338

RUC : 20600954173

E-mail: vhlaboratorio@gmail.com

REG. INDECOPI CERTIF. 95136

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO****SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION****EJECUCION, ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO****LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

SOLICITANTE : Bach. YÁÑAC CÁCERES JESÚS PAÚL
TESIS : "COMPORTAMIENTO DE UN CONCRETO F'C=175 KG/CM² A LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, SUSTITUYENDO PARCIALMENTE CENIZA DE EUCALIPTO POR CEMENTO HUARAZ 2021"
UBICACIÓN : DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ – ANCASH
FECHA : HUARAZ, 01 DE JULIO DEL 2021
F'C DISEÑO : 175 Kg/cm²

Peso unitario suelto del agregado fino

Tipo de Peso Unitario	Peso Unitario Suelto				Peso Unitario Compactado			
	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio
Muestra N°								
Peso de material + molde	7,585.00	7,570.00	7,590.00	7,581.67	8,110.00	8,120.00	8,115.00	8,115.00
Peso del molde	3,420.00	3,420.00	3,420.00	3,420.00	3,420.00	3,420.00	3,420.00	3,420.00
Peso del material	4,165.00	4,150.00	4,170.00	4,161.67	4,690.00	4,700.00	4,695.00	4,695.00
Volumen del molde	2,776.00	2,776.00	2,776.00	2,776.00	2,776.00	2,776.00	2,776.00	2,776.00
Peso unitario	1.50	1.49	1.50	1.50	1.69	1.69	1.69	1.69
				1,499.16				1,691.28

Fuente: Elaboracion Propia

Peso unitario suelto del agregado grueso

Tipo de Peso Unitario	Peso Unitario Suelto				Peso Unitario Compactado			
	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio
Muestra N°								
Peso de material + molde	30,535.00	30,510.00	30,540.00	30,528.33	31,380.00	31,385.00	31,395.00	31,386.67
Peso del molde	7,460.00	7,460.00	7,460.00	7,460.00	7,460.00	7,460.00	7,460.00	7,460.00
Peso del material	23,075.00	23,050.00	23,080.00	23,068.33	23,920.00	23,925.00	23,935.00	23,926.67
Volumen del molde	13,724.00	13,724.00	13,724.00	13,724.00	13,724.00	13,724.00	13,724.00	13,724.00
Peso unitario	1.68	1.68	1.68	1.68	1.74	1.74	1.74	1.74
				1,680.88				1,743.42

Fuente: Elaboracion Propia

NOTA: LA MUESTRA FUE PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Alberto Villanueva Medina
INGENIERO CIVIL
CIP. 98217
Victor Hugo Villanueva Najarro
TÉCNICO LABORATORISTA EN
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Reg. 62839

SUELO CONCRETO
LABORATORIO

* Urb. VillaSan Miguel de Chicney S/N Distrito de Independencia Provincia de Huaraz

Teléfono : FIJO 043 609712 - RPM 949004338

RUC : 20600954173

E-mail: vhlaboratorio@gmail.com

REG. INDECOPI CERTF. 95136

Anexo 4: Rotura de Probetas a las 7, 14 y 28 días



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

EJECUCION, ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

SOLICITANTE : Bach. YÁNAC CÁCERES JESÚS PAÚL

TESIS : "COMPORTAMIENTO DE UN CONCRETO F'C=175 KG/CM2 A LA
RESISTENCIA A COMPRESIÓN, SUSTITUYENDO PARCIALMENTE CENIZA DE
EUCALIPTO POR CEMENTO HUARAZ 2021"

UBICACIÓN : DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ –
ANCASH

FECHA : HUARAZ, 03 DE AGOSTO DEL 2021

F'C DISEÑO : 175 Kg/cm²

ROTURA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES DE CONCRETO - ASTM C-39

N°	ELEMENTO	CARGA kg	SLUMP	FECHA		EDAD DÍAS	RESISTENCIA Kg/cm2	F'C/F'c (%)
				MOLDEO	ROTURA			
1	Concreto Patron N° 1	33690	3 @ 4	05/07/2021	13/07/2021	7	190.65	108.94
2	Concreto Patron N° 2	37270	3 @ 4	05/07/2021	13/07/2021	7	210.91	120.52
3	Concreto Patron N° 3	43410	3 @ 4	05/07/2021	13/07/2021	7	245.65	140.37
4	Concreto + 2% Ceniza N° 1	27510	3 @ 4	05/07/2021	13/07/2021	7	155.67	88.96
5	Concreto + 2% Ceniza N° 2	28530	3 @ 4	05/07/2021	13/07/2021	7	161.45	92.26
6	Concreto + 2% Ceniza N° 3	30890	3 @ 4	05/07/2021	13/07/2021	7	174.80	99.89
7	Concreto + 3% Ceniza N° 1	30270	3 @ 4	05/07/2021	13/07/2021	7	171.29	97.88
8	Concreto + 3% Ceniza N° 2	33930	3 @ 4	05/07/2021	13/07/2021	7	192.00	109.72
9	Concreto + 3% Ceniza N° 3	34980	3 @ 4	05/07/2021	13/07/2021	7	197.95	113.11
10	Concreto + 5% Ceniza N° 1	17910	3 @ 4	05/07/2021	13/07/2021	7	101.35	57.91

OBSERVACIONES:

LAS PROBETAS FUERON PROPORCIONADAS POR EL SOLICITANTE, PARA SU CURADO Y ENSAYO A LAS FECHAS SOLICITADAS



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

Alberto Villanueva Medina
INGENIERO CIVIL
CIP. 98217

Victor Hugo Villanueva Navarro
TÉCNICO LABORATORISTA EN
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Reg. 62639



* Urb. VillaSan Miguel de Chicney S/N Distrito de Independencia Provincia de Huaraz

Telefono : FIJO 043 609712 - RPM 949004338

RUC : 20600954173

E-mail: vhlaboratorio@gmail.com

REG. INDECOPI CERTF. 95136

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO****SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION****EJECUCION, ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO****LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES****SOLICITANTE :** Bach. YÁNAC CÁCERES JESÚS PAÚL**TESIS :** "COMPORTAMIENTO DE UN CONCRETO F'C=175 KG/CM2 A LA
RESISTENCIA A COMPRESIÓN, SUSTITUYENDO PARCIALMENTE CENIZA DE
EUCALIPTO POR CEMENTO HUARAZ 2021"**UBICACIÓN :** DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ – ANCASH**FECHA :** HUARAZ, 03 DE AGOSTO DEL 2021**F'C DISEÑO :** 175 Kg/cm²**ROTURA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES DE CONCRETO - ASTM C-39**

N°	ELEMENTO	CARGA kg	SLUMP	FECHA		EDAD DÍAS	RESISTENCIA Kg/cm2	FC/F'c (%)
				MOLDEO	ROTURA			
11	Concreto + 5% Ceniza N° 2	18320	3 @ 4	05/07/2021	13/07/2021	7	103.67	59.24
12	Concreto + 5% Ceniza N° 3	18850	3 @ 4	05/07/2021	13/07/2021	7	106.67	60.95
13	Concreto Patron N° 4	41450	3 @ 4	05/07/2021	20/07/2021	14	234.56	134.03
14	Concreto Patron N° 5	41930	3 @ 4	05/07/2021	20/07/2021	14	237.28	135.59
15	Concreto Patron N° 6	43500	3 @ 4	05/07/2021	20/07/2021	14	246.16	140.66
16	Concreto + 2% Ceniza N° 4	34330	3 @ 4	05/07/2021	20/07/2021	14	194.27	111.01
17	Concreto + 2% Ceniza N° 5	36070	3 @ 4	05/07/2021	20/07/2021	14	204.11	116.64
18	Concreto + 2% Ceniza N° 6	39550	3 @ 4	05/07/2021	20/07/2021	14	223.81	127.89
19	Concreto + 3% Ceniza N° 4	37160	3 @ 4	05/07/2021	20/07/2021	14	210.28	120.16
20	Concreto + 3% Ceniza N° 5	42320	3 @ 4	05/07/2021	20/07/2021	14	239.48	136.85

OBSERVACIONES:

LAS PROBETAS FUERON PROPORCIONADAS POR EL SOLICITANTE, PARA SU CURADO Y ENSAYO A LAS FECHAS SOLICITADAS



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

Alberto Villanueva Medina
INGENIERO CIVIL
CIP/98217Victor Hugo Villanueva Rujarro
TÉCNICO LABORATORISTA EN
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Reg. 62639

* Urb. VillaSan Miguel de Chicney S/N Distrito de Independencia Provincia de Huaraz

Teléfono : FIJO 043 609712 - RPM 949004338

RUC : 20600954173

E-mail: vhlaboratorio@gmail.com

REG. INDECOPI CERTIF. 95136

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO****SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION****EJECUCION, ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO****LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES****SOLICITANTE :** Bach. YÁNAC CÁCERES JESÚS PAÚL**TESIS :** "COMPORTAMIENTO DE UN CONCRETO F'C=175 KG/CM2 A LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, SUSTITUYENDO PARCIALMENTE CENIZA DE EUCALIPTO POR CEMENTO HUARAZ 2021"**UBICACIÓN :** DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ – ANCASH**FECHA :** HUARAZ, 03 DE AGOSTO DEL 2021**F'C DISEÑO :** 175 Kg/cm²**ROTURA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES DE CONCRETO - ASTM C-39**

N°	ELEMENTO	CARGA kg	SLUMP	FECHA		EDAD DÍAS	RESISTENCIA Kg/cm2	FC/F'c (%)
				MOLDEO	ROTURA			
21	Concreto + 3% Ceniza N° 6	42980	3 @ 4	05/07/2021	20/07/2021	14	243.22	138.98
22	Concreto + 5% Ceniza N° 4	37860	3 @ 4	05/07/2021	20/07/2021	14	214.24	122.43
23	Concreto + 5% Ceniza N° 5	44750	3 @ 4	05/07/2021	20/07/2021	14	253.23	144.70
24	Concreto + 5% Ceniza N° 6	44970	3 @ 4	05/07/2021	20/07/2021	14	254.48	145.42
25	Concreto Patron N° 7	53620	3 @ 4	05/07/2021	03/08/2021	28	303.43	173.39
26	Concreto Patron N° 8	57920	3 @ 4	05/07/2021	03/08/2021	28	327.76	187.29
27	Concreto Patron N° 9	64030	3 @ 4	05/07/2021	03/08/2021	28	362.34	207.05
28	Concreto + 2% Ceniza N° 7	42670	3 @ 4	05/07/2021	03/08/2021	28	241.46	137.98
29	Concreto + 2% Ceniza N° 8	47890	3 @ 4	05/07/2021	03/08/2021	28	271.00	154.86
30	Concreto + 2% Ceniza N° 9	53480	3 @ 4	05/07/2021	03/08/2021	28	302.63	172.93

OBSERVACIONES:

LAS PROBETAS FUERON PROPORCIONADAS POR EL SOLICITANTE, PARA SU CURADO Y ENSAYO A LAS FECHAS SOLICITADAS



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

Victor Hugo Villanueva Najarro
Victor Hugo Villanueva Najarro
TÉCNICO LABORATORISTA EN
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Reg. 62639

Alberto Villanueva Medina
Alberto Villanueva Medina
INGENIERO CIVIL



* Urb. VillaSan Miguel de Chicney S/N Distrito de Independencia Provincia de Huaraz

Teléfono : FIJO 043 609712 - RPM 949004338
RUC : 20600954173E-mail: vhlaboratorio@gmail.com
REG. INDECOPI CERTF. 95136

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO****SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION****EJECUCION, ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO****LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES****SOLICITANTE :** Bach. YÁÑAC CÁCERES JESÚS PAÚL**TESIS :** "COMPORTAMIENTO DE UN CONCRETO F'C=175 KG/CM2 A LA
RESISTENCIA A COMPRESIÓN, SUSTITUYENDO PARCIALMENTE CENIZA DE
EUCALIPTO POR CEMENTO HUARAZ 2021"**UBICACIÓN :** DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ – ANCASH**FECHA :** HUARAZ, 03 DE AGOSTO DEL 2021**F'C DISEÑO :** 175 Kg/cm²**ROTURA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES DE CONCRETO - ASTM C-39**

N°	ELEMENTO	CARGA kg	SLUMP	FECHA		EDAD DÍAS	RESISTENCIA Kg/cm2	FC/F'c (%)
				MOLDEO	ROTURA			
31	Concreto + 3% Ceniza N° 7	48760	3 @ 4	05/07/2021	03/08/2021	28	275.93	157.67
32	Concreto + 3% Ceniza N° 8	55400	3 @ 4	05/07/2021	03/08/2021	28	313.50	179.14
33	Concreto + 3% Ceniza N° 9	57040	3 @ 4	05/07/2021	03/08/2021	28	322.78	184.45
34	Concreto + 5% Ceniza N° 7	57540	3 @ 4	05/07/2021	03/08/2021	28	325.61	186.06
35	Concreto + 5% Ceniza N° 8	57990	3 @ 4	05/07/2021	03/08/2021	28	328.16	187.52
36	Concreto + 5% Ceniza N° 9	60330	3 @ 4	05/07/2021	03/08/2021	28	341.40	195.08

OBSERVACIONES:

LAS PROBETAS FUERON PROPORCIONADAS POR EL SOLICITANTE, PARA SU CURADO Y ENSAYO A LAS FECHAS SOLICITADAS



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

Alberto Villanueva Medina
INGENIERO CIVIL
CIP. 36217Victor Hugo Villanueva Najarro
TÉCNICO LABORATORISTA EN
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Reg. 62839

* Urb. VillaSan Miguel de Chicney S/N Distrito de Independencia Provincia de Huaraz

Teléfono : FIJO 043 609712 - RPM 949004338

RUC : 20600954173

E-mail: vthlaboratorio@gmail.com

REG. INDECOPI CERTIF. 95136

Anexo 5: Panel fotográfico



Imagen 1: Recolección de desperdicios de tala de eucalipto



Imagen 2: Recolección de desperdicios de tala de eucalipto, sector Chequió



Imagen 3: Quemado para obtención de ceniza de eucalipto



Imagen 4: Separación del carbón para obtener solo ceniza



Imagen 5: Ceniza tamizada por la malla N°40



Imagen 6: Ceniza tamizada por la malla N° 60



Imagen 7: Ceniza tamizada por la malla N° 100



Imagen 8: Ceniza tamizada por la malla N° 200, producto final



Imagen 9: Muestras separadas por baldes con las cantidades necesarias para la elaboración del concreto



Imagen 10: Elaboración del concreto patrón



Imagen 11: Chequeo del Slump de 3.7''



Imagen 12: Manejo del trompo mezclador con las sustituciones de ceniza por cemento



Imagen 13: 36 unidades de probetas elaboradas, 9 patrón, 9 con 2% de sustitución, 9 con 3% de sustitución y 9 con 5% de sustitución



Imagen 14: Curado del concreto patrón y con sustitución de ceniza por cemento



Imagen 15: Rotura de un concreto sustituido con 2% de ceniza a los 28 días



Imagen 16: Rotura de un concreto sustituido con 3% de ceniza a los 28 días



Imagen 17: Rotura de un concreto sustituido con 5% de ceniza a los 28 días



Imagen 18: Prueba de ensayo de resistencia a compresión del concreto



Imagen 19: Probetas ensayadas bajo la resistencia a compresión